



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819**

**OPTIMASI WADUK BENDO UNTUK  
PENGEMBANGAN POTENSI PLTA,  
DUSUN BENDO, DESA NGINDENG,  
KECAMATAN SAWOO, KABUPATEN  
PONOROGO.**

**JOVIN ILHAM HARIANTO  
NRP 10111815000016**

**Dosen Pembimbing I  
Ir. EDY SUMIRMAN, MT  
NIP. 19590329 198811 1 001**

**Dosen Pembimbing II  
DWI INDRIYANI, ST., MT  
NIP. 19810210 201404 2 001**

**PROGRAM DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2019**



**TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819**

**OPTIMASI WADUK BENDO UNTUK  
PENGEMBANGAN POTENSI PLTA,  
DUSUN BENDO, DESA NGINDENG,  
KECAMATAN SAWOO, KABUPATEN  
PONOROGO.**

**JOVIN ILHAM HARIANTO  
NRP 10111815000016**

**Dosen Pembimbing I  
Ir. EDY SUMIRMAN, MT  
NIP. 19590329 198811 1 001**

**Dosen Pembimbing II  
DWI INDRIYANI,ST., MT  
NIP. 19810210 201404 2 001**

**PROGRAM DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2019**



**THE FINAL PROJECT - VC 181819**

**BENDO RESERVOIR OPTIMIZATION  
FOR POTENSIAL DEVELOPMENT OF  
PLTA ,BENDO HAMLET,NGINDENG  
VILLAGE,SAWOO  
DISTRICT,PONOROGO REGENCY.**

**JOVIN ILHAM HARIANTO  
NRP 10111815000016**

**SUPERVISOR I  
Ir. EDY SUMIRMAN, MT  
NIP. 19590329 198811 1 001**

**SUPERVISOR II  
DWI INDRIYANI,ST., MT  
NIP. 19810210 201404 2 001**

**DIPLOMA IV PROGRAM OF CIVIL ENGINEERING  
INFRASTRUCTURE CIVIL ENGINEERING  
DEPARTMENT  
VOCATIONS FACULTY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2019**

**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR TERAPAN  
Optimasi Waduk Bendo untuk Pengembangan Potensi  
PLTA, Dusun Bendo Desa Ngindeng, Kecamatan Sawoo,  
Kabupaten Ponorogo.**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Terapan Teknik  
Pada Konsentrasi Bangunan Air  
Program Studi D-IV Lanjut Jenjang  
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya**

Oleh :

MAHASISWA

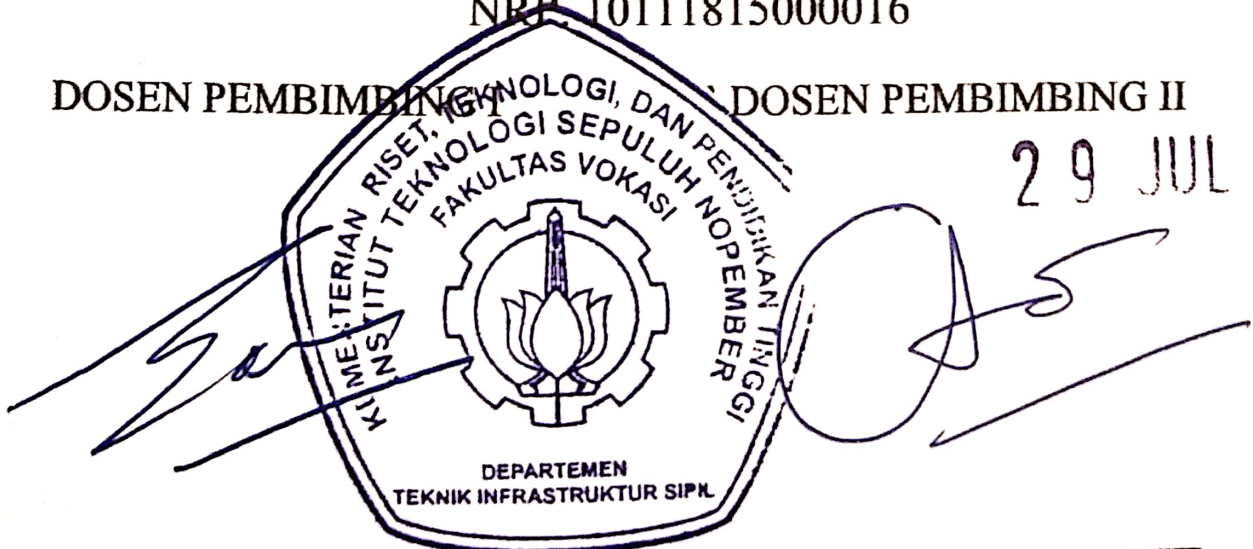


**JOVIN ILHAM HARIANTO**

**NRP. 10111815000016**

DOSEN PEMBIMBING I DOSEN PEMBIMBING II

29 JUL 2019



**Ir. EDY SUMIRMAN, MT      DWI INDRIYANI, ST., MT**  
**NIP. 19590329 198811 1 001      NIP. 19810210 201404 2 001**



**BERITA ACARA**  
**TUGAS AKHIR TERAPAN**  
**PROGRAM SARJANA TERAPAN LANJUT JENJANG**  
**TEKNOLOGI SIPIL**  
**DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL**  
**FAKULTAS VOKASI ITS**

No. Agenda :  
44852/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2019

Tanggal :  
25-6-2019

Judul Tugas Akhir Terapan	Optimasi Waduk Bendo Untuk Pengembangan Potensi PLTMH Dusun Bendo, Desa Ngindeng, Kecamatan Sawoo, Kabupaten Ponorogo		
Nama Mahasiswa 1	Jovin Ilham Harianto	NRP	10111815000016
Nama Mahasiswa 2		NRP	
Dosen Pembimbing 1	Ir. Edy Sumirman, M.T. NIP 19581212 198701 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	Dwi Indriyani, S.T., M.T. NIP 19810210 201404 2 001	Tanda tangan	

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
1. Perbaiki optimasi debit untuk pertumbuhan energi fungsi energi $\psi$ Bendo!	 Dr. Ir. Suharjoko, M.T. NIP 19560119 198403 1 001
2. Metodologi perbaikan	
3. Saran?	
2 Keluarkan pola pikir dalam diagram Alir yang sudah Revisi	 M. Hafiih Imaaduddin, S.T., M.T. NIP 19860212 201504 1 001
2 Hasil output dari skema yang benar a) Daya Usrik c) Luas Angin b) Luas Ingan	
	NIP -
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
Dr. Ir. Suharjoko, M.T. NIP 19560119 198403 1 001	M. Hafiih Imaaduddin, S.T., M.T. NIP 19860212 201504 1 001	NIP -	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 Ir. Edy Sumirman, M.T. NIP 19581212 198701 1 001	 Dwi Indriyani, S.T., M.T. NIP 19810210 201404 2 001



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 Jovin Lham Haranto 2  
**NRP** : 1 10111815000016 2  
**Judul Tugas Akhir** : Optimasi Waduk Bendo Untuk Penseimbangan Potensi PLTA di Dusun Bendo Desa Ngindens, Kecamatan Sawoo, Kab. Ponorogo  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Edy Sumirman MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	12/02/2019	- Lengkapi data <del>data</del> - hitung klimatologi				
2	06/03/2019	- buat Skema hidro sistem Menenai debit dari waduk bendo		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	21/03/2019	- buat Persamaan OPTIMASI Irigasi - hitung kebutuhan Penduduk		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	26/04/2019	- Cek hasil OPTIMASI - Cek Perhitungan Air baku		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	31/05/2019	- buat deskripsi tentang Penggunaan listriknya untuk kebutuhan air - Optimasi gabungan Irigasi dan PLTA nya		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	10/06/2019	- Cek Survei tank bahan, dimensi Perem Paton - Cek bahan dan dimensi tail race, Pintu		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Intake Cek daya Untuk Menentukan Pintu / intake

**Ket.** :  
 B = Lebih cepat dari jadwal  
 C = Sesuai dengan jadwal  
 K = Terlambat dari jadwal



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**FAKULTAS VOKASI**

DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL

Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116

Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025

<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

**ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN**

**Nama** : 1 Sovin Lham H 2  
**NRP** : 1 10111815000016 2  
**Judul Tugas Akhir** : Optimasi Waduk Bendo Untuk Pengembangan Potensi PLTMH, Dusun Bendo Desa Ngindeng, Kecamatan Sawoo, Kab. Ponorogo  
**Dosen Pembimbing** : Dwi Indriyani, ST, MT

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	02/04/2019	- hitung Optimasi Irigasi - hitung kebutuhan <sup>proyeksi</sup> Penduduk dan kebutuhan air baku		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	29/04/2019	- cek hasil Optimasi Irigasi - cek hasil Perhitungan debit air baku.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	15/05/2019	- buat Laporan dan Perbaiki Penulisan - cek turbin - cek tipe-tipe Penstock - buat gambar - Perbaiki Sistem Sarinban.		B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
				<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ket.

B = Lebih cepat dari jadwal

C = Sesuai dengan jadwal

K = Terlambat dari jadwal

## **Abstrak**

### **OPTIMASI WADUK BENDO UNTUK PENGEMBANGAN POTENSI PLTA, DUSUN BENDO, DESA NGINDENG, KECAMATAN SAWOO, KABUPATEN PONOROGO.**

**Nama Mahasiswa : Jovin Ilham Harianto**  
**Nrp : 10111815000016**  
**Program Studi : Diploma Empat Departemen  
Teknik Infrastruktur Sipil**  
**Dosen Pembimbing : 1. Ir. Edy Sumirman, MT.  
2. Dwi Indriyani ST., MT.**

Waduk Bendo terletak di Kabupaten Ponorogo, waduk tersebut direncanakan sebagai penyedia air untuk irigasi, air baku dan pembangkit listrik tenaga air. Pertambahan penduduk dari tahun ke tahun dan potensi lahan irigasi yang dapat dimanfaatkan dengan maksimal tanpa diiringi penambahan jumlah sumber air dan sifat penggunaan air pada masyarakat yang berlebihan saat penghujan menyebabkan kekeringan saat kemarau. Sehingga diharapkan memanfaatkan air yang tersedia secara optimal terutama yang ada di dalam waduk. Karena air yang ada di dalam waduk dapat berguna untuk meningkatkan produktifitas irigasi dan meningkatkan daya pada PLTA. Waduk Bendo Ponorogo yang mempunyai potensi besar untuk dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar seperti kebutuhan air baku, irigasi, dan untuk PLTA.

Dari dua hasil optimasi didapatkan intensitas tanam 252% dan 300%, dengan merencanakan skenario pada setiap awal bulan dilakukan rencana kegiatan awal tanam padi dan untuk polowijo rencana kegiatan awal tanam dilakukan hanya pada bulan Juni, Juli



dan Agustus, yang menghasilkan kebutuhan air bersih sebesar 200,02 ltr/s .

Dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga air di Waduk Bendo analisa awal yang dilakukan adalah analisis debit dimana debit *inflow* berasal dari debit kebutuhan air irigasi dan kebutuhan air baku. Selanjutnya dilakukan analisis tinggi jatuh bruto berdasarkan data perencanaan bendungan Bendo dan perencanaan bangunan pembangkit yang meliputi, pipa pesat (*penstock*), *surge tank* dan jenis turbin yang akan digunakan. Analisa selanjutnya adalah analisis kehilangan energi yang terjadi pada bangunan pembangkit untuk mengetahui tinggi jatuh efektif yang kemudian dilakukan penggambaran gambar kerja berdasarkan hasil perencanaan bangunan pembangkit. Kemudian analisis daya listrik, energi listrik yang dapat dihasilkan, energi yang dihasilkan PLTA sebesar 2,47288 MW/s.

Kata Kunci : Waduk Bendo, PLTA, Irigasi dan Air Baku

## *Abstract*

### ***BENDO RESERVOIR OPTIMIZATION FOR POTENTIAL DEVELOPMENT OF PLTA, BENDO HAMLET, NGINDENG VILLAGE, SAWOO SUBDISTRICT, PONOROGO REGENCY.***

**Student Names** : Jovin Ilham Harianto  
**Nrp** : 10111815000016  
**Study Program** : Diploma Empat Departemen  
Teknik Infrastruktur Sipil  
**Supervisor** : 1. Ir. Edy Sumirman, MT.  
2. Dwi Indriyani ST, MT.

*Bendo Reservoir is located in Ponorogo District, it is planned as a provider of water for irrigation, raw water and hydroelectric power. The increase in population from year to year and the potential of irrigation land that can be utilized with maximum without accompanied by the addition of water resources and the nature of water use in excessive communities when rainfall causes drought during the drought. So it is expected to utilize the water available optimally especially those in the reservoir. Because the water in the reservoir can be useful to increase the productivity of the irrigation and increase the power of the PLTA. Bendo Ponorogo Reservoir has great potential to be utilized by local people such as raw water, irrigation, and PLTA.*

*From the two optimization results obtained the planting intensity 252% and 300%, by planning the scenario at the beginning of each month the initial activity plan of rice planting and to bank initial planting activities plan conducted only in June, July and August, Which produces the need for clean water of 200.02 ltr/S.*

*In planning the hydropower plant in Bendo reservoir The initial analysis conducted is a discharge analysis where the inflow discharge is derived from the discharge of irrigation water needs and the needs of raw water. Furthermore, high analysis of Gross falls based on Bendo Dam planning data and building planning plant covers, rapid pipes (penstock), surge tanks and turbine types to be used. The next analysis is an analysis of the energy loss that occurs in the building of plants to know the high effective fall which is then done depictions of work images based on the construction of the building. Then the analysis of electrical power, the electrical energy that can be produced, the energy generated by the PLTA 2.47288 MW/S.*

*Key words : Bendo Reservoir, PLTM, Irigation and Raw Water.*

## KATA PENGANTAR

Segala Puji Syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT atas Berkat dan Rahmat-Nya serta hidayahNya kepada saya sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan dengan judul **“Optimasi Waduk Bendo untuk Pengembangan Potensi PLTA, Dusun Bendo, Desa Ngindeng, Kecamatan Sawoo, Kabupaten Ponorogo”**. Tugas Akhir Terapan ini merupakan salah satu syarat kelulusan bagi seluruh mahasiswa dalam menempuh pendidikan pada program studi D-IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS.

Tugas Akhir Terapan ini memiliki sebuah tujuan untuk membuat rencana pemanfaatan potensi PLTA yang akan direalisasikan, sehingga dapat memenuhi kebutuhan listrik di Desa Ngindeng, Kecamatan Sawoo, Kota Ponorogo .

Saya ucapkan terima kasih atas bimbingan, arahan, serta bantuan dari :

1. Bapak Dr. Machsus, ST., MT selaku Kepala Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS.
2. Bapak Dr. Ir. Kuntjoro, MT selaku Kepala Jurusan D-IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS,
3. Bapak Ir. Edy Sumirman, MT dan Ibu Dwi Indriyani ST.,MT selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Terapan.
4. Ibu Siti kamillia aziz ST., MT selaku dosen wali.
5. Kedua orang tua saya yang selalu memberikan motivasi dan doa.
6. Teman angkatan 2014 (DS35).
7. Teman Lanjut Jenjang D4 2018 khususnya kelas Bangunan air.
8. Rekan – rekan dari Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS serta semua pihak yang membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir Terapan ini yang tidak saya sebutkan satu persatu.
9. Rekan-Rekan Himpunan Mahasiswa Diploma Sipil yang membantu saya berproses menjadi seorang mahasiswa.

10. Saudara – Saudara saya Bonek Heroes Campus Yang selalu membantu dan memberikan Motivasi beserta dukungan yang tiada hentinya.

Saya menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir Terapan ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat Penulis harapkan. Semoga penulisan Tugas Akhir Terapan ini merupakan awal yang baik dan dapat diterima, bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>i</b>
<b>Abstrak.....</b>	<b>i</b>
<b><i>Abstract</i>.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xiii</b>
<b>1.1. Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Rumusan Masalah.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Tujuan .....</b>	<b>2</b>
<b>1.4. Manfaat .....</b>	<b>2</b>
<b>1.5. Batasan Masalah.....</b>	<b>3</b>
<b>1.6. Lokasi .....</b>	<b>3</b>
<b>BAB II DATA LAPANGAN DAN DASAR TEORI</b>	
<b>PERENCANAAN .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Data Teknis Waduk .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. Analisa Klimatologi.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.1. Temperatur (T).....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.2. Kelembaban Udara (<i>Humidity</i>).....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.3. Kecepatan Angin (U).....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.4. Evaporasi (E) .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.5 Penyinaran Matahari .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3. Analisa Hidrologi.....</b>	<b>10</b>

2.3.1. Perhitungan Debit Andalan.....	10
2.3.2. Curah Hujan Rata - rata .....	12
2.3.3. Curah Hujan Andalan .....	12
2.3.4. Curah Hujan Efektif .....	12
2.3.5. Evapotranspirasi .....	13
2.3.6. Kebutuhan Air di Sawah ( NFR ) .....	14
2.3.7. Kebutuhan Air untuk Padi.....	14
2.3.8. Kebutuhan Air untuk Palawija.....	14
2.3.9. Penyiapan Lahan .....	15
2.3.10. Luas Areal Irigasi.....	16
2.3.11. Kebutuhan Air untuk Konsumtif Tanaman ..	16
2.3.12. Perencanaan Pola Tanam .....	17
2.3.13. Perkolasi .....	17
2.3.14. Efisiensi Irigasi .....	17
2.3.15. Kebutuhan Air di Intake .....	18
2.3.16. Koefisien Tanaman.....	18
2.3.17. Perhitungan Pertumbuhan Penduduk .....	19
2.3.18. Standar Kebutuhan Air Baku .....	19
2.4. Optimasi dengan Program Linier Microsoft Excel Add-ins Solver.....	21
2.5. Perhitungan Daya dan Energi Listrik .....	23
2.6. PLTA .....	23
2.6.1. Klasifikasi PLTA .....	24
2.6.2. Cara Pengambilan Air .....	25
2.6.3. Pemilihan Lokasi PLTA .....	26

2.6.4. Konstruksi PLTA .....	27
<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>31</b>
3.1. <i>Survey</i> Pendahuluan dan Studi Literatur .....	31
3.2. Pengumpulan Data .....	31
3.3. Analisa Data / Tahap Perhitungan .....	32
3.4. Analisa Hasil Optimasi .....	32
3.5. Kesimpulan dan Saran.....	32
<b>BAB IV ANALISIS DATA .....</b>	<b>37</b>
4.1 Analisa Hidrologi .....	38
4.1.1 Evapotranspirasi .....	38
4.1.2 Hujan Andalan .....	43
4.1.3 Curah Hujan Efektif .....	44
4.1.4 WLR ( <i>Water Layer Requirement</i> ) .....	46
4.1.5 ETC.....	46
4.1.6 Kebutuhan Air Untuk Tanaman.....	49
4.1.7 Debit Andalan .....	53
4.2 Analisa Kebutuhan air baku .....	54
4.2.1 Proyeksi Penduduk Metode Aritmatika.....	56
4.2.2 Proyeksi Penduduk Metode Geometrik .....	59
4.2.3 Kebutuhan Air.....	64
4.3 Optimasi Irigasi dengan Metode Add-ins Solver Mic. Excel.....	65
4.3.1 Analisa Optimasi Berdasarkan Debit Kebutuhan Irigasi Optimum .....	65



4.3.2	Optimasi Menggunakan Debit Untuk Irigasi Direkayasa Kontinu Sepanjang Tahun .....	72
4.3.3	Ekstensifikasi Irigasi .....	79
4.3.4	Operasional Waduk .....	80
4.4	Analisa Daya .....	83
4.4.1	Tinggi Jatuh Efektif ( $H_{eff}$ ).....	83
4.4.2	Pemilihan Jenis Turbin.....	87
4.4.3	Efisiensi Turbin .....	88
4.4.4	Pembangkitan Energi .....	88
4.5	Perencanaan Bangunan .....	89
4.5.1	<i>Penstock</i> .....	89
4.5.2	<i>Surge Tank</i> .....	91
4.5.3	<i>Power House</i> .....	94
<b>BAB V</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>97</b>
5.1	Kesimpulan .....	97
5.2	Saran.....	98
	<b>Daftar Pustaka.....</b>	<b>99</b>
	<b>Biodata Penulis.....</b>	<b>101</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>103</b>
	<b>LAMPIRAN A.....</b>	<b>104</b>
	<b>LAMPIRAN B .....</b>	<b>107</b>
	<b>LAMPIRAN C .....</b>	<b>133</b>

## DAFTAR TABEL

### BAB II

Tabel 2.1 Tabel tekanan uap jenuh .....	8
Tabel 2.2 Kebutuhan air untuk penyiapan .....	15
Tabel 2.3 Tingkat Perkolasi.....	17
Tabel 2.4 Harga Koefisien Tanaman.....	18
Tabel 2.5 Penentuan Tingkat Layanan Air Baku .....	20
Tabel 2.6 Kategori Kebutuhan Air Non Domestik.....	21

### BABIV

Tabel 4.1 Nilai Koreksi Bulanan (c) untuk rumus Penmann Modifikasi .....	40
Tabel 4.2 Data Klimatologi Rerata Tahun 2015-2017 .....	41
Tabel 4.3 Perhitungan Evapotranspirasi Potensial .....	41
Tabel 4.4 Hujan Andalan.....	42
Tabel 4.5 Re Padi dan Re Palawija.....	44
Tabel 4.6 Harga Koefisien Tanaman.....	46
Tabel 4.7 Kebutuhan Air Irigasi Saat Penyiapan Lahan .	47
Tabel 4.8 Etc .....	48
Tabel 4.9 Rencana Pola Tata Tanam Dan Kebutuhan Airnya bulan Nopember Periode 1 .....	51
Tabel 4.10 Data debit K. Keyang 1998-2017 .....	52
Tabel 4.11 Debit Andalan .....	52
Tabel 4.12 Data Penduduk .....	55
Tabel 4.13 Laju Pertumbuhan Penduduk.....	57
Tabel 4.14 Hasil Proyeksi Pertumbuhan aritmatik .....	58
Tabel 4.15 Laju Pertumbuhan Penduduk.....	60
Tabel 4.16 Hasil Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Geometrik .....	61
Tabel 4.17 Perhitungan Standar Deviasi.....	63
Tabel 4.18 Perhitungan Kebutuhan Air Baku.....	65
Tabel 4.19 Hasil Optimasi Menggunakan debit Irigasi direkayasa kontinu sepanjang tahun.....	68
Tabel 4.20 Luas Hasil Optimasi dengan debit kebutuhan irigasi optimum.....	69

<b>Tabel 4.21 Luas Hasil Optimasi dengan debit irigasi direkayasa kontinu sepanjang tahun.....</b>	<b>73</b>
<b>Tabel 4.22 Optimasi Hasil Ekstensifikasi 1.....</b>	<b>77</b>
<b>Tabel 4.23 Optimasi Hasil Optimasi 2.....</b>	<b>78</b>
<b>Tabel 4.24 Operasional Waduk Berdasarkan Debit Rekayasa Irigasi Kontinu .....</b>	<b>81</b>

## DAFTAR GAMBAR

### BAB I

Gambar 1.1 Peta Lokasi Studi ..... 3

Gambar 1.2 Peta perencanaan lokasi waduk Bendo..... 4

### BAB II

Gambar 2.1 Klasifikasi Tipe Turbin ..... 29

### BAB IV

Gambar 4.1 Skema Aliran Waduk Bendo ..... 37

Gambar 4.2 Grafik Pertumbuhan Jumlah Penduduk..... 56

Gambar 4.3 Proyeksi pertumbuhan aritmatik..... 59

Gambar 4.4 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Geometrik  
..... 62

Gambar 4.5 Grafik optimasi menggunakan debit  
kebutuhan irigasi optimum ..... 70

Gambar 4.6 Sketsa Pola Tata tanam Hasil Optimasi ..... 71

Gambar 4.7 Grafik optimasi dengan debit untuk irigasi  
direkayasa kontinu sepanjang tahun ..... 74

Gambar 4.8 Skema pola Tata Tanam Debit Kontinu ..... 75

Gambar 4.9 Grafik Kebutuhan Irigasi ..... 80

Gambar 4.10 Kebutuhan Air Irigasi ..... 81

Gambar 4.11 Kurva Tampungan Waduk..... 82

Gambar 4.12 Klasifikasi turbin ..... 87

Gambar 4.13 Grafik Efisiensi Turbin ..... 88

Gambar 4.14 Sketsa perencanaan Surge tank..... 92

Gambar 4.15 Sketsa hasil perencanaan surge tank ..... 94

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Air merupakan sumber daya alam yang bersifat permanen jika dikelola dengan baik, efisien. Namun dengan pertambahan jumlah dan perkembangan penduduk yang cukup pesat, maka pemanfaatan sumber air tersebut menjadi terbatas. Oleh karena itu diperlukan perencanaan sumber daya air yang memadai dengan kemampuan dapat menampung semua manfaat yang dibutuhkan oleh penduduk.

Indonesia kekurangan lahan irigasi maka dari itu dibangun Waduk Bendo di daerah Kabupaten Ponorogo. Pembangunan waduk ini dapat dimanfaatkan untuk ekstensifikasi irigasi dan kebutuhan air baku. Waduk Bendo mengairi Daerah Irigasi Bendo 3300 ha dan Jati 4500 ha.

Waduk Bendo berpotensi dibangun PLTA, dikarenakan debit yang keluar dari waduk besar sehingga daya yang dihasilkan juga besar. Kondisi topografi di Waduk Bendo merupakan pegunungan yang naik turun sehingga *head* yang tinggi juga mempengaruhi besarnya daya yang akan dihasilkan.

Waduk Bendo ini adalah merupakan salah satu upaya untuk mengembangkan daerah Kabupaten Ponorogo yang berkaitan dengan pengembangan sumber daya air, guna memenuhi berbagai keperluan masyarakat, seperti penyediaan air irigasi, air baku domestik dan industri serta pengendalian banjir. Jumlah air yang tersedia dan jumlah air yang dibutuhkan oleh tanaman untuk memutar turbin pada PLTA akan mengalami fluktuatif dari waktu ke waktu, sehingga pada suatu periode dapat terjadi kelebihan air dan periode lainnya dapat terjadi Kekurangan air bagi tanaman dan putaran turbin yang tentunya pada saat musim kemarau membutuhkan air yang cukup banyak sedangkan ketersediaan air yang terbatas.

Dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang pesat, air dan listrik adalah sumber kehidupan yang sangat dibutuhkan untuk mendukung kebutuhan air dan listrik di daerah tersebut.

Hal inilah yang melatar belakangi penulis untuk melakukan penelitian mengenai pemanfaatan potensi Waduk Bendo untuk Dusun Bendo Desa Ngindeng Kecamatan Sawoo, Kabupaten Ponorogo.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian dari latar belakang tersebut, maka permasalahan yang terjadi adalah kurangnya pasokan air dan listrik. Sehingga rumusan masalah :

1. Bagaimana menentukan kebutuhan air untuk tanaman irigasi dan optimalisasi air bersih dari Waduk Bendo serta berapa debit yang digunakan untuk pembangkitan ?
2. Bagaimana rekayasa untuk menentukan *head* PLTA?
3. Bagaimana rancangan PLTA ?

## **1.3. Tujuan**

Tujuan dari penulisan laporan Tugas Akhir Terapan ini adalah :

1. Mendapatkan besar debit yang digunakan untuk pembangkitan .
2. Menghitung *head* yang efektif dan rasional dengan mempertimbangkan kondisi eksisting.
3. Merencanakan rancangan PLTA yang cukup kuat dan cukup efektif.

## **1.4. Manfaat**

Manfaat dari penulisan laporan Tugas Akhir Terapan ini adalah :

1. Sebagai sarana penyalur air baku untuk masyarakat di Dusun Bendo Desa Ngindeng Kecamatan Sawoo.
2. Meminimalisir kekurangan air yang terjadi di Dusun Bendo Desa Ngindeng Kecamatan Sawoo.
3. Memiliki pasokan listrik untuk Dusun Bendo Desa Ngindeng Kecamatan Sawoo.

## 1.5. Batasan Masalah

Mengingat luasnya bidang kajian dalam penyusunan laporan Tugas Akhir Terapan ini, serta keterbatasan waktu dan ilmu yang penulis kuasai, maka pembahasan diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak membahas aspek ekonomi dan sosial.
2. Tidak membahas dampak lingkungan akibat pembangunan (AMDAL).
3. Tidak merencanakan pedistribusian air bersih.
4. Tidak membahas Jaringan PLTM.
5. Tidak membahas biaya konstruksi waduk.
6. Tidak menghitung struktur bangunan.
7. Kekuatan bahan mekanis tidak dipertimbangkan.

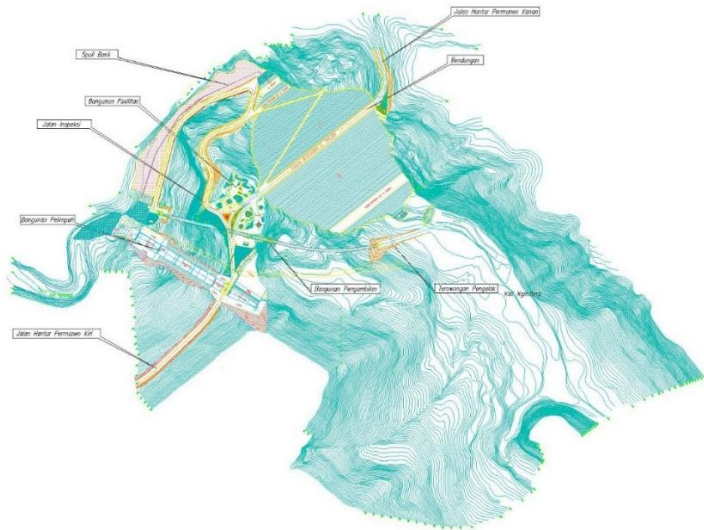
## 1.6. Lokasi

Lokasi Waduk Bendo terletak di Kali Keyang atau juga dikenal dengan nama Kali Ngindeng di Dusun Bendo, Desa Ngindeng, Kecamatan Sawoo, Kabupaten Ponorogo. Secara geografis lokasi rencana Waduk Bendo terletak pada posisi antara  $7^{\circ} 49' 33''$  -  $7^{\circ} 59' 36''$  LS dan  $111^{\circ} 34' 57''$  -  $111^{\circ} 44' 40''$  BT. Daerah genangan Waduk Bendo meliputi Desa Ngindeng dan Desa Temon, Kecamatan Sawoo dan Desa Ngadirojo, Kecamatan Sooko, seperti pada Gambar 1.1 dan 1.2.



Gambar 1.1. Peta Lokasi Studi





Gambar 1.2. Peta perencanaan lokasi waduk Bendo

## **BAB II**

### **DATA LAPANGAN DAN DASAR TEORI PERENCANAAN**

Sungai di Indonesia mempunyai karakteristik debit yang berubah–ubah sesuai dengan keadaan musim saat itu. Pada musim hujan, debit yang mengalir di sungai sangat besar sehingga sering terjadi banjir dan banyak manfaat yang terbuang sia–sia. Sedangkan pada musim kemarau, debit yang mengalir kecil sehingga sering terjadi kekurangan air. Karena besarnya perbedaan debit tersebut, maka diperlukan waduk untuk mengatasi masalah tersebut.

Waduk mempunyai fungsi menyimpan kelebihan air dimusim penghujan dan mengalirkan air dimusim kemarau saat diperlukan. Ada 2 fungsi waduk menurut kebutuhan, yaitu Waduk Ekaguna (*single purpose*) dan Waduk Serbaguna (*multi purpose*). Waduk Ekaguna dibangun hanya untuk melayani satu tujuan, misalnya hanya untuk Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), irigasi, pengendali banjir, dan lain-lain. Sedangkan waduk Serbaguna dibangun untuk melayani banyak tujuan, misalnya dalam satu waduk berfungsi untuk PLTA, irigasi, pengendali banjir, dan lain-lain. Dalam PLTA, waduk berfungsi meninggikan muka air pada *upstream* sehingga ada perbedaan tinggi antara *upstream* dengan *downstream* ( $\Delta H$ ) dibutuhkan untuk memutar turbin PLMH.

#### **2.1. Data Teknis Waduk**

Data teknik yang dimiliki Waduk Bendo Ponorogo diantaranya:

##### **1. Daerah Pengaliran Sungai**

- Nama sungai : Kali Kayang
- Luas DAS : 120,63 km<sup>2</sup>
- Panjang sungai : 24 km
- Hujan tahunan rerata : 2.212 mm
- Data curah hujan Stasiun Sawoo
- Data klimatologi (Stasiun Lanud Iswahvudi)

Sumber: PT. Indra Karya

## 2. Waduk Bendo

- Luas genangan pada MAN : 169,636 Ha
- Elevasi dasar sungai : + 153,00 m
- Elevasi Muka Air Maksimum : 218,60 m
- Elevasi Muka Air Minimum : 188,00 m
- Volume Tampungan Waduk : 43,114 juta m<sup>3</sup>
- Volume Tampungan Efektif : 33.453 juta m<sup>3</sup>
- Volume Tampungan Sedimen : 9.661 juta m<sup>3</sup>

### 2.2. Analisa Klimatologi

Volume air Waduk Bendo selain bertambah karena adanya debit *inflow* dan presipitasi (hujan), juga mengalami pengurangan volume air yang diakibatkan oleh evaporasi (penguapan) pada permukaan air di waduk. Dalam perhitungan evaporasi dipengaruhi oleh beberapa faktor alam lainnya, yaitu temperature (T), kelembapan udara (*Humidity*), dan kecepatan angin (U), Penyinaran Matahari.

#### 2.2.1. Temperatur (T)

Temperatur udara adalah salah satu variabel yang mempengaruhi besarnya hujan, evaporasi dan transpirasi. Temperatur diukur dengan termometer yang diletakkan di suatu tempat yang dilindungi terhadap sinar langsung dari matahari, angin dan hujan yang disebut “Sangkar Meteorologi”.

Besarnya temperatur merupakan fungsi dari tinggi tempat atau variasi elevasi. Data temperatur udara dinyatakan dalam derajat Celcius (°C), derajat Fahrenheit (°F) atau derajat *absolute*. Temperatur harian diperoleh dari koleksi data temperatur jam-jaman yang waktu dan tempatnya ditetapkan. Biasanya temperatur udara juga diukur dengan dua termometer, yaitu termometer maksimum yang akan memcatat suhu paling maksimum yang terjadi dalam suatu hari dan termometer minimum yang akan mencatat temperatur yang paling minimum yang terjadi dalam suatu hari. Dari data dua pengukuran termometer tersebut diperoleh temperatur rata-rata

hariannya, yaitu harga rata – rata dari temperatur maksimum dan temperatur minimum.

Didalam kondisi atmosfer normal, untuk setiap kenaikan elevasi maka temperatur udara akan mengalami penurunan rata-rata sebesar 0,7 °C pada setiap kenaikan elevasi 100 m.

### 2.2.2. Kelembaban Udara (*Humidity*)

Udara sangat mudah menyerap air dalam bentuk uap air, tergantung dari temperatur udara dan airnya. Bila temperatur udara makin besar maka makin banyak air yang menguap dan mengisi udara. Hal ini akan berlangsung terus sampai terjadi suatu keseimbangan dimana udara jenuh air dan penyerapan air tidak banyak. Tekanan pada molekul uap air dalam kondisi ini diketahui sebagai Tekanan Uap Jenuh (*Saturation Vapour Pressure*) ( $e_a$ ) pada suatu temperatur tertentu. Besarnya tekanan uap air dinyatakan dalam Bar (1 Bar =  $10^5$  N/m<sup>2</sup>) atau dalam tinggi kolom air raksa (mm.Hg)

Kelembaban ( $h$ ) adalah perbandingan tekanan uap air ( $e_d$ ) dengan tekanan uap air jenuh ( $e_a$ ) pada volume dan temperatur yang sama dan dapat ditulis dalam persamaan yang dinyatakan dalam persen sebagai berikut :

$$h = d \times 100\% \quad e_a$$

Dimana :

$h$  = kelembaban udara (%)

$e_d$  = tekanan uap air pada temperatur  $t^\circ\text{C}$   
(mm.Hg)

$e_a$  = tekanan uap jenuh pada temperatur  $t^\circ\text{C}$   
(mm.Hg)

Seperti Tabel 2.1 tekanan uap air jenuh  $e_a$  (mm.Hg) sebagai fungsi temperatur ( $^\circ\text{C}$ )

Tabel 2.1. Tabel tekanan uap jenuh

Suhu (°C)	$e_a$ (mmHg)
-60	0.0008
-40	0.096
-20	0.783
-10	1.964
-1	4.22
0 (air + es + uap)	4.58
10	9.21
20	17.55
30	31.86
40	55.4
50	93.6
60	149.6
80	355.4
100	760.0 ( 1 atm )
110	1074
125	1740
200	11650
250	29770
300	64300
350	123710

### 2.2.3. Kecepatan Angin (U)

Arah angin adalah arah darimana angin bertiup yang dapat ditunjukkan dengan lingkaran arah angin. Kecepatan angin dapat diukur dengan Anemometer yang diletakkan pada

ketinggian 2 meter dari permukaan tanah setempat. Terdapat banyak tipe Anemometer, diantaranya tipe Robinson, tipe Thies dan tipe Cassela.

Angin mempunyai pengaruh gesekan pada permukaan tanah atau air, maka penting sekali untuk menentukan spesifik dari beberapa pengamatan kecepatan angin dilihat dari ketinggian di atas permukaan tanah.

#### 2.2.4. Evaporasi (E)

Didalam analisa mendapatkan besarnya evaporasi dibedakan menjadi dua, yaitu evaporasi dari permukaan air bebas dan evaporasi dari permukaan tanah. Pada dasarnya evaporasi terjadi karena uap dari udara pada permukaan air dan dari udara di atasnya.

Perumusan dasarnya (Dalton) adalah sebagai berikut :

$$E = C (e_a - e_d) f(U)$$

Dimana :

- E = evaporasi dari permukaan air (*open water*)
- C = koefisien tergantung dari tekanan barometer
- U = kecepatan angin
- $e_a$  = tekanan uap jenuh muka air danau
- $e_d$  = tekanan uap udara di atasnya

dari persamaan diperoleh persamaan empiris yang banyak dipakai :

$$E = 0,35(e_a - e_d)(0,5 + 0,54U_2)$$

Dimana :

$U_2$  = kecepatan angin dalam m/dt  $e_d$  = tekanan uap udara di atasnya (mm/hari)

#### 2.2.5 Penyinaran Matahari

Pada setiap perubahan bentuk zat; dari es menjadi air (mencair), dari zat cair menjadi gas (penguapan), dan dari es langsung menjadi uap air (penyubliman) diperlukan panas laten. Panas laten untuk penguapan berasal dari radiasi matahari dan tanah. Radiasi matahari merupakan sumber utama panas dan mempengaruhi jumlah evaporasi di atas permukaan bumi.

[Triatmodjo,2008:51]

### 2.3. Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu tata air dalam cabang ilmu pengetahuan yang berhadapan dengan distribusi dan kejadian air di atmosfer, di atas permukaan bumi dan di bawah permukaan bumi. Di dalam mempelajari hidrologi ini, memungkinkan untuk memastikan potensi sumber air dari suatu area, distribusi dan ketersediaan air terhadap waktu. Di studi kasus ini, analisa hidrologi yang digunakan ialah menggunakan data debit *inflow* Waduk Bendo yang telah tersedia kemudian dicari debit andalannya.

#### 2.3.1. Perhitungan Debit Andalan

Data aliran merupakan data yang menunjukkan kapan terjadinya besaran debit dalam suatu aliran sungai. Besaran - besaran ini mungkin terjadi berulang kali atau hanya beberapa kali bahkan mungkin hanya sekali dalam suatu periode pengamatan. Frekuensi kejadian dari suatu besaran debit dapat digambarkan dalam suatu periode pengamatan yang dinyatakan dalam suatu prosentase waktu kejadian. Kurva yang dihasilkan dalam gambaran ini disebut "*Duration Curve*"

Bila hasil perhitungan *Duration Curve* didasarkan pada debit minimum, debit ini terdapat dalam sungai selama setahun penuh. Untuk daerah yang hanya mendapat listrik dari PLTA ini dengan perencanaan debit minimum, tidak ada kemungkinan pembatasan pemakaian listrik disebabkan dalam aliran sungai terdapat debit yang dikehendaki, tetapi hampir setiap hari terdapat air yang terbuang atau tidak terpakai, jadi PLTA semacam ini tidak ekonomis.

Bila didasarkan debit maksimum semua (saluran, turbin, dll) harus dibuat besar berdasarkan debit yang hanya terdapat selama beberapa hari dalam 1 tahun, jadi tidak ekonomis juga. Bila didasarkan atas debit maksimum, maka selama 365-t hari harus ada *supply* tenaga listrik lain karena banyaknya air dalam sungai selama waktu itu tidak cukup.

Kalau diperhatikan, bahwa luasan di bawah lengkung *duration curve* menunjukkan total volume aliran selama periode pengamatan. Dengan demikian kalau dimungkinkan diadakan

penyimpanan sebagian volume aliran maka debit kebutuhan dapat diatur seoptimal mungkin, debit yang demikian ini disebut “Debit Andalan”

Perhitungan debit andalan digunakan untuk mencari besar debit yang sesuai untuk pembangkit listrik. Untuk keperluan ini digunakan cara coba-coba sampai ditemukannya debit andalan, agar operasi PLTA dapat berjalan sesuai dengan ketentuan dengan meminimalkan tingkat kegagalan seminimal mungkin. Proses penentuan debit andalan diharapkan mampu memenuhi keperluan *supply* pembangkit listrik pada beban puncak sepanjang tahun.

Langkah-langkah perhitungan debit andalan adalah sebagai berikut :

1. Data dibuat berkelompok dengan menentukan kelas dan interval tiap kelas. Dalam menentukan kelas dan interval menggunakan cara statistik pengolahan data dengan cara rumus sebagai berikut :

$$R = a_{\max} - a_{\min}$$

$$k = 1 + 3,3322 \text{ Log } (n)$$

$$\text{Interval} = \frac{R}{k}$$

Dimana :

$a_{\min}$  = nilai data terkecil.

$a_{\max}$  = nilai data terbesar.

$n$  = banyak data yang diolah.

$k$  = banyaknya kelas interval.

Interval = interval data untuk memasukkan data yang nantinya dihitung banyaknya dengan frekuensi.

2. Merangking data debit mulai dari yang terbesar sampai yang terkecil dan menghitung frekuensi data sesuai dengan batasan interval yang ada.
3. Menghitung probabilitas untuk masing-masing data dengan menggunakan persamaan.

$$T = \frac{n}{m}$$

$$P = \frac{1}{T} = \frac{m}{n} \times 100\%$$

Dimana :



P = besarnya probabilitas (%)

m = nomor urut data

n = jumlah data

4. Mencari besarnya debit andalan pada probabilitas tertentu dari *duration curve* yang merupakan grafik hubungan antara debit dengan probabilitas.

### 2.3.2. Curah Hujan Rata - rata

Metode curah hujan rata-rata hitungan dengan cara menjumlahkan curah hujan dari semua tempat pengukuran selama satu periode tertentu dan membaginya dengan banyaknya tempat pengukuran. Jika dirumuskan dalam suatu persamaan adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3 \dots +}{n}$$

Dengan :

R = Curah Hujan rata-rata (mm)

$R_1 \dots R_n$  = Besarnya curah hujan pada masing-masing stasiun (mm)

n = Banyaknya stasiun hujan

(Sumber: Harto, 1993)

### 2.3.3. Curah Hujan Andalan

Curah hujan andalan adalah curah hujan yang jatuh selama masa tumbuh tanaman, yang dapat digunakan untuk memenuhi air konsumtif tanaman. Besarnya curah hujan ditentukan dengan 80% dari curah hujan rata – rata tengah bulanan dengan kemungkinan kegagalan 20% (curah hujan  $R_{80}$ ). Dengan menggunakan *Metode California* dengan rumus:

$$P = \frac{m}{n} \times 100\%$$

P = Peluang terjadi %

n = Jumlah data pengamatan

m = No urut kejadian

### 2.3.4. Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif diperoleh dari  $70\% \times R_{80}$  per periode waktu pengamatan. Apabila data hujan yang digunakan 10 harian maka persamaannya menjadi:

$$R_{e \text{ padi}} = \frac{(R_{80} \times 70\%)}{10} \text{ mm/hari}$$

$$R_{e \text{ tebu}} = \frac{(R_{80} \times 60\%)}{10} \text{ mm/hari}$$

$$R_{e \text{ polowijo}} = \frac{(R_{80} \times 50\%)}{10} \text{ mm/hari}$$

Curah hujan efektif juga dapat dihitung dengan menggunakan metode log pearson III berdasarkan data hujan yang tersedia.

### 2.3.5. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah peristiwa evaporasi dan transpirasi terjadi secara bersamaan. Evaporasi merupakan pergerakan air ke udara dari berbagai sumber seperti tanah, atap dan badan air. Sedangkan transpirasi ialah pergerakan air di dalam tumbuhan yang hilang melalui stomata akibat diuapkan oleh daun. Di dalam perhitungan dikenal ada dua istilah evapotranspirasi yaitu :

- Evapotranspirasi potensial, terjadi apabila tersedia cukup air untuk memenuhi pertumbuhan optimum.
- Evapotranspirasi aktual, terjadi dengan kondisi pemberian air seadanya untuk memenuhi pertumbuhan.

Namun yang digunakan untuk optimasi pemanfaatan air ini adalah evapotranspirasi potensial yang dapat dihitung dengan metode Penman modifikasi sebagai berikut:

$$E_{to} = c \{W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (e_a - e_d)\}$$

Dengan :

C = faktor pergantian kondisi cuaca akibat siang dan malam

W = faktor berat yang mempengaruhi penyinaran matahari pada evapotranspirasi potensial. ( mengacu pada tabel penman hubungan antara temperatur dengan ketinggian )

$(1 - W)$  = faktor berat sebagai pengaruh angin dan kelembaban pada  $ET_0$

$(e_a - e_d)$  = perbedaan tekanan uap air jenuh dengan tekanan uap air nyata

$E_d$  =  $e_a \times RH$

$R_n$  = Radiasi penyinaran matahari dalam perbandingan penguapan atau radiasi matahari bersih (mm/hr)

$R_n$  =  $R_{ns} - R_{n1}$

$R_{ns}$  =  $R_s (1 - \alpha)$  ( $\alpha$  = Koefisien pemantulan = 0.25)

$R_s$  =  $(0.25 + 0.5 (n/N)) R_a$

$R_{n1}$  =  $2.01 \times 10^9 \cdot T^4(0.34 - 0.44 e_d^{0.5})(0.1 + 0.9 n/N)$

$f(u)$  = Fungsi pengaruh angin pada  $ET_0$   
 =  $0.27 \times (1 + U_2/100)$

Dimana  $u$  merupakan kecepatan angin rata-rata di siang hari dalam m/dt di ketinggian 2 m.

### 2.3.6. Kebutuhan Air di Sawah (NFR)

$$NFR = E_{t0} + P + WLR - R_e$$

Dengan :

NFR = kebutuhan air untuk tanaman (mm/hari)

$E_{t0}$  = Evapotranspirasi potensial (mm/hari)

WLR = pergantian lapisan air (mm/hari)

$R_e$  = curah hujan efektif (mm/hari)

P = Perkolasi (mm/hari)

### 2.3.7. Kebutuhan Air untuk Padi

$$IR = \frac{NFR}{C}$$

Dengan :

C = Efisiensi irigasi secara keseluruhan

### 2.3.8. Kebutuhan Air untuk Palawija

$$IR = \frac{ET_c - R_e}{C}$$

### 2.3.9. Penyiapan Lahan

Kebutuhan air irigasi selama jangka waktu penyiapan lahan pada Tabel 2.2 atau dihitung dengan rumus :

$$IR = \frac{M \cdot e^k}{e^k - 1}$$

Dengan :

Eo = Evaporasi potensial (mm/hari) = ETo x 1,10

P = Perkolasi (mm/hari) yang tergantung dari tekstur tanah

M = Kebutuhan evaporasi dan perkolasi = Eo + P

T = Waktu Penyiapan Tanah (hari)

S = Kebutuhan air untuk penjemuran ditambah 50 mm  
jadi 250 + 50 = 300 mm

$$k = \frac{M \times T}{S}$$

IR = kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hari)

Tabel 2.2 Kebutuhan air untuk penyiapan

Eo + P (mm/ha)	T = 30 ha		T = 45 ha	
	s = 250 mm	s = 300 mm	s = 250 mm	s = 300 mm
3.0	9.7	11.3		
3.5	10.0	11.7		
4.0	10.3	12.0		
4.5	10.7	12.3		
5.0	11.1	12.7	8.4	9.5
5.5	11.4	13.0	8.8	9.8
6.0	11.7	13.3	9.1	10.1
6.5	12.0	13.6	9.4	10.4
7.0	12.3	13.9	9.8	10.8

Eo + P (mm/ha)	T = 30 ha		T = 45 ha	
	s = 250 mm	s = 300 mm	s = 250 mm	s = 300 mm
7.5	12.6	14.2	10.1	11.1
8.0	13.0	14.5	10.5	11.4
8.5	13.3	14.8	10.8	11.8
9.0	13.6	15.2	11.2	12.1
9.5	14.0	15.5	11.6	12.5
10.0	14.3	15.8	12.0	12.9
10.5	14.7	16.2	12.4	13.2
11.0	15.0	16.5	12.8	13.6

Catatan : Setelah 1 – 2 bulan dari transplantasi dilakukan pergantian lapisan air sebanyak 50 mm selama 20 hari (2,5 mm/hari sebulan)

### 2.3.10. Luas Areal Irigasi

Luasan Daerah Irigasi ditentukan sesuai debit yang mengalir pada jaringan irigasi. Semakin besar debit semakin besar pula luas lahan yang diairi. Namun pada jaringan tersier dibatasi maksimal 150 ha.

### 2.3.11. Kebutuhan Air untuk Konsumtif Tanaman

Penggunaan konsumtif air oleh tanaman diperkirakan oleh pendekatan empiris dengan menggunakan data iklim, koefisien tanaman pada tahap pertumbuhan sebagai berikut:

$$ET_c = K_c \times E_{to}$$

Dengan :

$K_c$  = Koefisien tanaman

$E_{to}$  = Evapotranspirasi potensial (mm/hr)

( Pruitt. 1997 )

### 2.3.12. Perencanaan Pola Tanam

Perencanaan pola tanam bagi daerah irigasi berguna untuk menyusun suatu pola pemanfaatan air irigasi yang tersedia untuk memperoleh hasil produksi tanam yang besar disektor pertanian. Susunan rencana penanaman berbagai jenis tanaman selama satu tahun yang umumnya padi, tebu dan polowijo. Umumnya pola tanaman mengikuti debit andalan yang tersedia untuk mendapatkan luas yang seluas-luasnya.

### 2.3.13. Perkolasi

Istilah perkolasi kurang mempunyai arti penting pada kondisi alam, tetapi dalam kondisi buatan, perkolasi mempunyai arti penting dimana karena alasan teknis dibutuhkan proses infiltrasi yang terus menerus. Besarnya perkolasi dinyatakan dalam mm/hari. seperti Tabel 2.3.

Tabel 2 3 Tingkat Perkolasi

Jenis Tanah	Angka Perkolasi	
	Padi (mm/hari)	Palawija (mm/hari)
Tekstur Berat	1	2
Tekstur Sedang	2	4
Tekstur Ringan	5	10

### 2.3.14. Efisiensi Irigasi

Efisiensi merupakan persentase perbandingan antara jumlah air yang dapat digunakan untuk pertumbuhan tanaman dengan jumlah air yang dikeluarkan dari intake (pintu pengambilan). Biasanya efisiensi irigasi dipengaruhi oleh besarnya jumlah air yang hilang diperjalannya dari saluran primer, sekunder dan tersier.

- Saluran Primer : 90%
- Saluran Sekunder : 90%
- Saluran Tersier : 80%

Efisiensi Irigasi Total (C)

$$= 90\% \times 90\% \times 80\%$$

= 65%

Sumber: Direktorat Jenderal Pengairan, 1986

### 2.3.15. Kebutuhan Air di Intake

Kebutuhan air di intake merupakan jumlah kebutuhan air di sawah dibagi dengan efisiensi irigasinya.

DR = NFR/EI

Dengan:

DR = Kebutuhan air di Intake ( mm/hr/ha )

NFR = Kebutuhan air di sawah ( mm/hari )

### 2.3.16. Koefisien Tanaman

Besarnya nilai suatu koefisien tanaman tergantung dari umur dan jenis tanaman yang ada. Koefisien tanaman juga merupakan faktor yang dapat digunakan untuk mencari besarnya air yang habis terpakai untuk tanaman pada masa pertumbuhannya, Seperti pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Harga Koefisien Tanaman

Bulan	Padi		Kedelai	Palawija	
	Varietas Biasa	Varietas Unggul		Kacang Tanah	Jagung
0.5	1.10	1.10	0.50	0.50	0.50
1.0	1.10	1.10	0.75	0.51	0.95
1.5	1.10	1.05	1.00	0.66	0.96
2.0	1.10	1.05	1.00	0.85	1.05
2.5	1.10	0.95	0.82	0.95	1.02
3.0	1.05	0.00	0.45*	0.95	0.95*
3.5	0.95			0.95	
4.0	0.00			0.55	
4.5				0.55*	

Sumber: Direktorat Jenderal Pengairan, 1986

#### Catatan :

\* = untuk sisanya kurang dari ½ bulan

• Umur Kedelai = 85 hari

- Umur kacang tanah = 130 hari
- Umur Jagung = 80 hari

### 2.3.17. Perhitungan Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan Penduduk mempunyai beberapa metode perhitungan yaitu sebagai berikut

a. Metode Aritmatika

$$I = \frac{Pt - Po}{t}$$

$$Pn = Pt + I (n)$$

Dengan:

- Pn = Jumlah penduduk pada tahun ke n
- Po = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke I
- Pt = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun terakhir
- t = Jumlah tahun yang diketahui
- n = Jumlah Interval
- I = Konstanta Aritmatik

b. Metode Geometrik

$$r = \left( \frac{a - Po}{n \cdot a} \right) \times 100 \%$$

$$Pn = P (1 + r)^n$$

Dengan:

- Pn = Jumlah penduduk pada tahun ke n
- Po = Jumlah penduduk yang diketahui pada tahun ke I
- r = Laju pertumbuhan penduduk
- n = Jumlah Interval

Untuk memilih salah satu cara perhitungan menggunakan metode korelasi.

### 2.3.18. Standar Kebutuhan Air Baku

Dilihat dari pengertiannya air baku adalah air yang diperlukan oleh setiap manusia tiap harinya. Data yang mempengaruhi adalah neraca air baku ialah :



- Hubungan debit andalan 20% terkering dengan jumlah penduduk yang dapat dilayani
  - Kebutuhan air baku untuk penduduk/liter/hari
  - Kebutuhan air baku untuk penduduk dan atau hewan
- Menurut Direktorat Jenderal Cipta Karya 2007 standar kebutuhan air ada 2 macam, antara lain:

Standar kebutuhan air domestik

Standar kebutuhan air domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari – hari, Seperti pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Penentuan Tingkat Layanan Air

Jumlah Penduduk (jiwa)	Tingkat Pelayanan (liter/orang/hari)
> 1.000.000	120
500.000 - 1.000.000	100
100.000 - 500.000	90
20.000 - 100.000	80
10.000 - 20.000	60
< 10.000	30

- Standar kebutuhan air non domestik

Standar kebutuhan air non domestik adalah kebutuhan air bersih diluar kebutuhan rumah tangga. Kebutuhan air non domestik untuk kota dapat dibagi dalam berbagai kategori, antara lain:

- ✚ Kota kategori I ( Metro )
- ✚ Kota kategori II ( Kota Besar )
- ✚ Kota kategori III ( Kota Sedang )
- ✚ Kota kategori IV ( Kota Kecil )
- ✚ Kota Kategori V (Desa )

Sumber : Direktorat jenderal Cipta Karya,2007

Standar kebutuhan air non domestik yaitu kebutuhan air yang digunakan pada tempat hunian pribadi untuk memenuhi keperluan sehari – hari, Seperti pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Kategori Kebutuhan Air Non Domestik

No	Uraian	Kategori Kota Berdasarkan Jiwa				
		> 1.000.000	500.000	100.000	200.000	<20.000
			s/d	s/d	s/d	0
			1.000.000	0	100.000	0
		Metro	Besar	Sedang	Kecil	Desa
1	Konsumsi unit sambungan rumah (SR) l/o/h	190	170	130	100	80
2	Konsumsi unit hidran umum (HU) l/o/h	30	30	30	30	30
3	Konsumsi unit non domestik l/o/h(%)	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
4	Kehilangan air (%) Faktor hari	20-30	20-30	20-30	20-30	20-30
5	maksimum	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
6	Faktor Jam Puncak	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
7	Jumlah Jiwa per S R	5	5	5	5	5
8	Jumlah Jiwa per H U sisa tekan di	100	100	100	100	100
9	Penyediaan distribusi (mka)	10	10	10	10	10
10	Jam operasi	24	24	24	24	24
11	Volume reservoir (% max day demant)	20	20	20	20	20
12	SR : HR	50 : 50 s/d 80:20	51 : 50 s/d 80:20			
13	Cakupan Pelayanan (%)	*) 90	90	90	90	**) 70

\*) 60% perpipaan , 30% non perpipaan

\*\*) 25% perpipaan , 45% non perpipaan

Sumber: Direktorat Jenderal Cipta Karya, 2007

## 2.4. Optimasi dengan Program Linier Microsoft Excel Add-ins Solver

Optimasi linier merupakan suatu model matematis yang mempunyai dua fungsi utama, yaitu fungsi tujuan dan fungsi kendala atau pembatas. Optimasi linier bertujuan untuk mencapai nilai maksimum atau minimum dari suatu fungsi tujuan. Solver adalah program tambahan Microsoft Excel yang

digunakan untuk analisa nilai agar mencapai hasil yang optimum (maksimum atau minimum) dan dituangkan menjadi suatu rumus didalam suatu sel yang disebut sel tujuan, tetapi memiliki batasan pada nilai dari sel rumusan lain pada lembar kerja.

Solver bekerja dengan group sel, yang disebut variabel keputusan atau sel variabel sederhana yang digunakan dalam perhitungan rumus didalam sel tujuan atau batasan. Solver juga menyesuaikan nilai didalam sel variabel keputusan untuk memenuhi batas pada sel batasan dan memberikan hasil yang diinginkan untuk sel tujuan.

Adapun model matematika optimasi yang digunakan dalam Tugas Akhir Terapan ini adalah sebagai berikut:

### a. Optimasi ditinjau dari Intensitas Tanam

Maksimumkan nilai:

$$OF = \Sigma \text{Luas tan. padi} + \Sigma \text{Luas tan. palawija}$$

Dimana OF adalah nilai yaitu maksimum intensitas tanam (Ha).

$X1_{\text{padi}}$  = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 1 (Ha)

$X2_{\text{padi}}$  = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 2 (Ha)

$X3_{\text{padi}}$  = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 3 (Ha)

$X4_{\text{padi}}$  = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 4 (Ha)

$X5_{\text{padi}}$  = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 5 (Ha)

$X6_{\text{padi}}$  = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 6 (Ha)

$X7_{\text{padi}}$  = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 7 (Ha)

$X8_{\text{padi}}$  = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 8 (Ha)

$X9_{\text{padi}}$  = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 9 (Ha)

$X10_{\text{padi}}$  = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 10 (Ha)

$X11_{\text{padi}}$  = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 11 (Ha)

$X12_{\text{padi}}$  = luasan tanaman padi pada awal tanam bulan 12 (Ha)

$P1$  = luasan tanaman palawija pada awal tanam bulan 1 (Ha)

$P2$  = luasan tanaman palawija pada awal tanam bulan 2 (Ha)

$P3$  = luasan tanaman palawija pada awal tanam bulan 3 (Ha)

$X1_{\text{padi}}, X2_{\text{padi}}, X3_{\text{padi}}, X4_{\text{padi}}, X5_{\text{padi}}, X6_{\text{padi}}, X$

### **Fungsi Kendala**

Luasan Maksimum

$$X_{\text{padi}} + P \leq \text{Luasan Total}$$

### **Volume Andalan**

$$V_{\text{padi}} \cdot X_{\text{padi}} + V_{\text{pal}} \cdot X_{\text{pal}} \leq V_{i1}$$

$V_{i1}$  = volume andalan pada bulan 1

### **Tanaman Palawija**

$$P1 \geq Pt$$

$Pt$  = Luas tanaman palawija yang diisyaratkan

## **2.5. Perhitungan Daya dan Energi Listrik**

Daya dan energi listrik dalam hubungannya dengan debit dapat dirumuskan sebagai berikut:

Perhitungan Daya listrik :

$$P = Q \rho g H \text{ (Watt)}$$

$$P = 9,8 QH \text{ (KW)}$$

Perhitungan Energi listrik :

$$E = P t \eta \text{ atau}$$

$$E = 9,8 Q H t \eta \text{ (KWh)}$$

Dimana :

$P$  = daya listrik teoritis (KW)

$t$  = waktu (jam)

$Q$  = debit ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

$H$  = tinggi jatuh air efektif (m)

$E$  = Energi listrik (KWh)

$\eta$  = efisiensi (80% - 95%)

Didalam efisiensi ( $\eta$ ) di atas merupakan gabungan dari beberapa banyak efisiensi, yaitu efisiensi turbin ( $\eta_T$ ), efisiensi generator ( $\eta_G$ ) dan efisiensi transformator ( $\eta_{Tra}$ ).

## **2.6. PLTA**

PLTA adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air. Tenaga air berasal dari aliran air yang dibendung dengan

ketinggian tertentu dan memiliki debit sehingga dapat memutar turbin yang dihubungkan dengan generator listrik.

Pada dasarnya, PLTA memanfaatkan energi potensial jatuhnya air (*head*). Semakin tinggi jatuhnya air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Disamping faktor *geografis* (tata letak sungai), tinggi jatuhnya air dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi. Perbedaan tinggi yang semakin besar membuat energi potensialnya semakin besar juga. Perbedaan tinggi dalam PLTA disebut dengan tinggi jatuh air (*head*), tinggi jatuh air tersebut nantinya akan dikalikan dengan hambatan-hambatan lain agar didapatkan tinggi jatuh efektif.

Air dialirkan melalui sebuah pipa pesat ke dalam rumah pembangkit yang pada umumnya dibangun di bagian tepi sungai untuk menggerakkan turbin atau kincir air mikrohidro. Energi mekanik yang berasal dari putaran poros turbin akan diubah menjadi listrik oleh sebuah generator.

Perubahan memang tidak langsung, tetapi berturut-turut melalui perubahan sebagai berikut :

- Tenaga potensial menjadi tenaga kinetik.
- Tenaga kinetik menjadi tenaga mekanik.
- Tenaga mekanik menjadi tenaga listrik.

Tenaga potensial adalah tenaga air karena berada pada ketinggian. Energi kinetik adalah tenaga air karena mempunyai kecepatan. Tenaga mekanik adalah tenaga kecepatan air yang memutar kincir/turbin. Tenaga listrik adalah hasil dari generator yang berputar akibat berputarnya kincir/turbin.

### 2.6.1. Klasifikasi PLTA

1. Berdasarkan *head*

- *head* tinggi :  $H > 100$  m biasanya digunakan turbin pelton
- *head* menengah :  $30 \text{ m} < H < 100$  m biasanya digunakan turbin *cross-flow*
- *head* rendah :  $2 \text{ m} < H < 30$  m biasanya digunakan turbin *propeller*

## 2. Berdasarkan Kapasitas

- PLTA piko : <500 W
- PLTA mikro : 0,5 – 100 kW
- PLTA mini : 100-1000 kW
- PLTA kecil : 1-10 mW
- PLTA skala penuh : >10mW

## 3. Berdasarkan Jenis Desain

### - *Run-Of the-River*

Bentuk yang paling sederhana dalam konteks PLTA mikro dan mini. Desain ini tidak memanfaatkan bendungan untuk mengarahkan air ke bangunan penyadap, melainkan mengubah lajur aliran air menuju turbin melalui pipa atau *penstock*.

### - Sistem penyimpanan

Dalam penggunaan sistem ini, Air ini akan disimpan terlebih dahulu dalam jangka waktu tertentu (beberapa jam atau dalam beberapa bulan) dan akan digunakan untuk menghasilkan energi ketika dibutuhkan. Dalam pengertiannya air dimasukkan ke dalam wadah sehingga dalam kurun waktu tertentu, volume air yang mula-mula sedikit akan mengikat. Dengan bertambah besarnya volume air yang tersimpan akan menambah besarnya energi air

### - Sistem pompa penyimpanan

Ketika terjadi kebutuhan listrik yang rendah atau kelebihan kebutuhan listrik secara tiba-tiba, maka pompa secara otomatis akan mengisi penuh tangki penyimpanan. Namun, apabila terjadi lonjakan kebutuhan listrik yang tinggi, maka tangki akan segera dikosongkan menuju turbin untuk memenuhi kebutuhan produksi yang mencukupi.

## **2.6.2. Cara Pengambilan Air**

### 1. Memakai saluran dengan muka air bebas.

Pembangkit listrik tenaga air dengan pengambilan air menggunakan saluran muka air bebas umumnya terdiri dari bagian seperti berikut :

- Bendungan.
- Tempat pemasukan.

- Bak penarik.
- Saluran pengarah.
- Reservoir harian.
- Pipa pesat.
- Gedung sentral (rumah pembangkit).
- Saluran pembuangan.

## 2. Memakai terowongan tekanan.

Pembangkit listrik tenaga air dengan metode pengambilan air, menggunakan terowongan tekanan pada umumnya terdiri dari bagian seperti berikut :

- Bendungan.
- Tempat pemasukan.
- Terowongan tekan.
- Surge tank.
- Pipa pesat.
- Gedung sentral (rumah pembangkit).
- Saluran pembuangan.

## 3. Langsung mengambil air dari waduk (bendungan tinggi)

Cara pengambilan seperti ini umumnya banyak digunakan pada PLTA modern. Umumnya terdiri dari bagian seperti berikut :

- Bendungan.
- Tempat pemasukan.
- Pipa pesat.
- Gedung sentral (rumah pembangkit).
- Saluran pembuangan.

Cara pengambilan air menentukan skema PLTA yang akan dibangun. Namun untuk PLTA dengan skala yang lebih kecil (PLTA), skemanya dapat disederhanakan mengikuti kondisi di lapangan.

### **2.6.3. Pemilihan Lokasi PLTA**

Faktor yang menentukan dalam pemilihan lokasi PLTA adalah :

#### 1. Debit air

Debit di suatu lokasi di sungai dapat diperkirakan dengan cara berikut :

- Pengukuran di lapangan (di lokasi yang ditetapkan)
- Berdasarkan data debit dari stasiun didekatnya
- Berdasarkan data hujan
- Berdasarkan pembangkitan data debit

Sering di suatu lokasi yang akan dibangun bangunan air tidak terdapat pencatatan debit dalam waktu panjang. Dalam keadaan tersebut terpaksa debit diperkirakan berdasarkan :

- Debit di lokasi lain pada sungai yang sama
- Debit di lokasi lain pada sungai disekitarnya
- Debit pada sungai lain yang berjauhan tetapi mempunyai karakteristik yang sama

## 2. Kondisi geologis dan keadaan air

Dalam menentukan lokasi kedua faktor ini, didapat dari hasil penelitian, kita dapat menentukan hal-hal sebagai berikut :

- Kemungkinan untuk membangun di lokasi tersebut.
- Perencanaan.
- Konstruksi bangunan.
- Perhitungan anggaran biaya.
- Kondisi sedimentasi.
- Akses jalan yang mudah.
- Minim bencana alam.
- Kondisi air, agar dapat menentukan jenis material untuk komponen turbin yang akan dipasang.

### 2.6.4. Konstruksi PLTA

#### 1. Bendungan

Bendungan adalah tembok yang dibangun melintasi sungai. bendungan dapat dibuat dari tanah, batu, atau beton. Struktur ini menghambat aliran sungai sehingga menciptakan danau buatan yang dinamakan waduk.

#### 2. Bangunan Pengambilan Air (*intake*)

Bangunan pengambilan dapat dibuat bersambung dengan atau dekat bendungan, atau terpisah sama sekali, tergantung pada keadaan geografi atau saluran airnya. Pada pokoknya saluran air yang berhubungan dengan bangunan dengan bangunan



pengambilan merupakan terowongan tekanan (*pressure tunnel*), dan bangunan pelengkapanya, seperti pintu pengambilan, saringan, dan lain-lain.

### 3. Pipa Pesat (*penstock*)

Pipa tekan yang dipakai untuk mengalirkan air dari tangki (*head tank*) atau langsung dari bangunan pengambilan air ke turbin air disebut pipa pesat (*penstock*). Saluran pipa tekan adalah nama umum bagi dasar atau terowongan yang dipakai untuk menempatkan pipa pesat, blok angker (*anchor block*) dan pelana (*saddle*), yang akan menahan pipa pesat tersebut. Untuk menentukan luas penampang pipa pesat dapat digunakan persamaan :

$$D = 2,69 \left[ \frac{n^2 \cdot Q \cdot L}{H} \right]^{0,1875}$$

Dimana :

D = diameter pipa (m)

Q = debit desain (m<sup>3</sup>/detik)

L = panjang penstock (m)

n = koefisien manning

H = tinggi jatuh (head) (m)

Sedangkan untuk menghitung ketebalan pipa dapat menggunakan persamaan :

$$t_o = \frac{P_p \cdot d_p}{2 \cdot \theta_a \cdot \eta} + \delta_t$$

Dimana :

$t_o$  = ketebalan minimum pipa (cm)

$P_p$  = desain tekanan air yaitu tekanan hidrostatis + *water*

$\text{hammer}$  ( $\text{kgf/cm}^2$ ),  $1.1 \times$  tekanan hidrostatik

$d_p$  = diameter pipa pesat (cm)

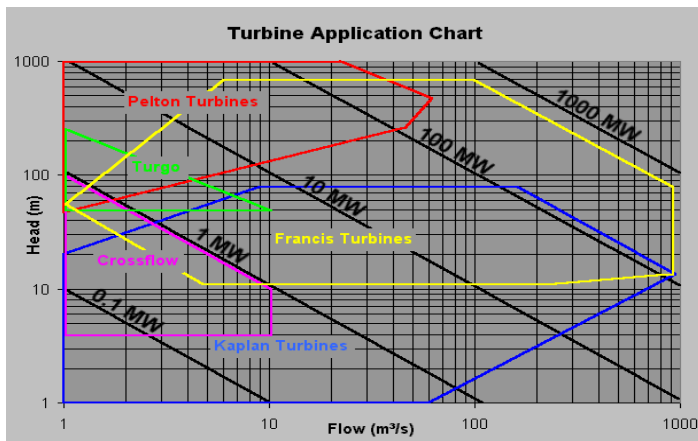
$\theta_a$  = tegangan ijin bahan ( $\text{kg/cm}^2$ ), untuk SS 400 = 1400  
 $\text{kg/cm}^2$

$\eta$  = efisiensi pengelasan (0.85-0.9)

$\delta_t$  = faktor korosi (0,15 cm)

#### 4. Turbin

Turbin hidraulik, berhubungan erat dengan generator, fungsi utamanya adalah mengubah energi air menjadi tenaga listrik. Air mengalir melalui turbin, memberi tenaga pada penggerak (*runner*) dari turbin dan membuatnya berputar. Corong dari penggerak berhubungan langsung dengan generator, asalkan tenaga mekanik yang penting tersalur pada generator. Jadi, turbin menempati posisi kunci dalam bidang Teknik *Hydroelectric* (hidrolistrik) dari seluruh pembangkitan. Seperti pada Gambar 2.1 Klasifikasi Tipe Turbin.



Gambar 2.1. Klasifikasi Tipe Turbin

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1. Survey Pendahuluan dan Studi Literatur**

Gambaran mengenai kondisi daerah yang akan menjadi tinjauan studi kasus adalah merupakan dasar perencanaan dalam menentukan pengembangan potensi PLTA Waduk Bendo ini. Hal tersebut disebabkan karena setiap daerah atau setiap lokasi mempunyai suatu ciri atau karakteristik yang tidak sama dengan daerah lainnya. Didalam survei pendahuluan ini yang utama adalah mengetahui situasi dan kondisi daerah studi. Dalam kegiatan ini juga dapat diketahui masalah-masalah yang ada secara umum.

Studi literatur meliputi kegiatan mempelajari bagaimana pengoperasian suatu waduk baik itu dari buku-buku maupun dari pihak yang terkait.

### **3.2. Pengumpulan Data**

Dalam penentuan suatu pola operasi PLTA dari suatu waduk, data-data penting sangat diperlukan untuk mendukung suatu hasil yang optimal dan sesuai dengan yang diharapkan. Dalam Tugas Akhir Terapan ini diperlukan :

#### **a.Data Debit**

Data debit ini diperlukan untuk mengetahui besarnya debit *inflow* yang nantinya akan dibuat debit andalan sebagai dasar debit *outflow* untuk PLTA. Data yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah data debit *inflow* 20 tahun.

#### **b.Data Curah Hujan**

Data curah hujan diambil dari Stasiun Sawoo. Data-data curah hujan diambil dalam jangka waktu 10 tahun terakhir.

#### **c.Data Klimatologi**

Data klimatologi menggunakan stasiun Lanud iswahyudi madiun selama 3 tahun.

#### **d.Data Bendungan**

Meliputi data teknis Bendungan Bendo dan data bangunan pembangkit listrik tenaga airnya. Data-data tersebut digunakan

untuk menunjang dalam perhitungan-perhitungan yang akan dilakukan.

#### e. Data Penduduk

Data Penduduk Kecamatan Sawoo mulai dari tahun 2007-2017, yang didapat dari badan pusat statistika.

### **3.3. Analisa Data / Tahap Perhitungan**

Data-data primer yang terkumpul ini akan dihitung menjadi data sekunder untuk mendapatkan hasil yang dikehendaki.

Analisa data yang dimaksud meliputi :

- Analisa Potensi Waduk yang akan membahas perhitungan curah hujan efektif dan volume/debit andalan.
- Analisa Klimatologi yang akan membahas perhitungan evapotranspirasi yang terjadi.
- Perencanaan pola tata tanam sebagai alternatif yang akan diambil guna mencapai suatu kondisi yang optimal.
- Analisa kebutuhan air dari tiap – tiap alternatif pola tanam yang disajikan.
- Analisa kebutuhan air baku untuk masyarakat yang akan digukan setiap harinya.
- Menghitung daya dan energi listrik serta menentukan pola operasi PLTA Bendo.

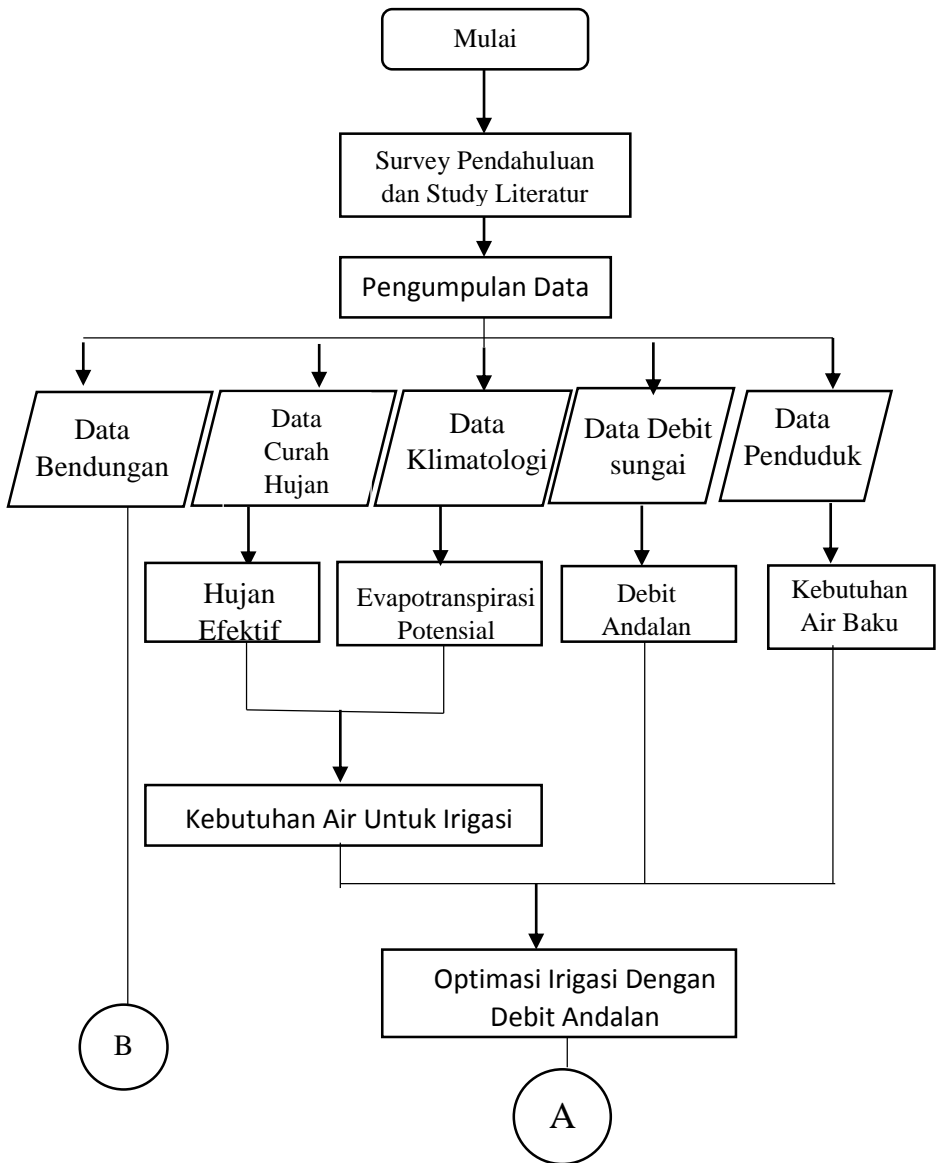
### **3.4. Analisa Hasil Optimasi**

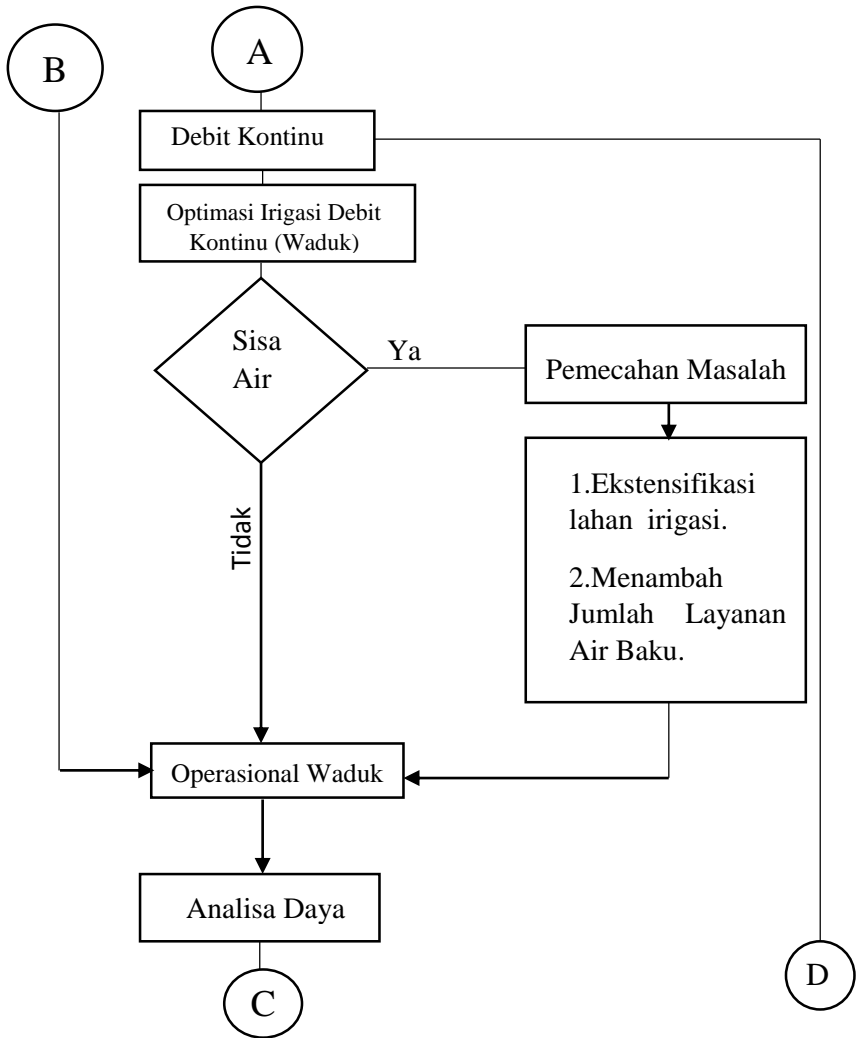
Tahapan ini diambil untuk mendapatkan hasil yang paling optimum dari model dari Analisa program linier. Setelah itu didapatkan Hasil dan diambil kesimpulan juga saran dari analisa hasil optimasi.

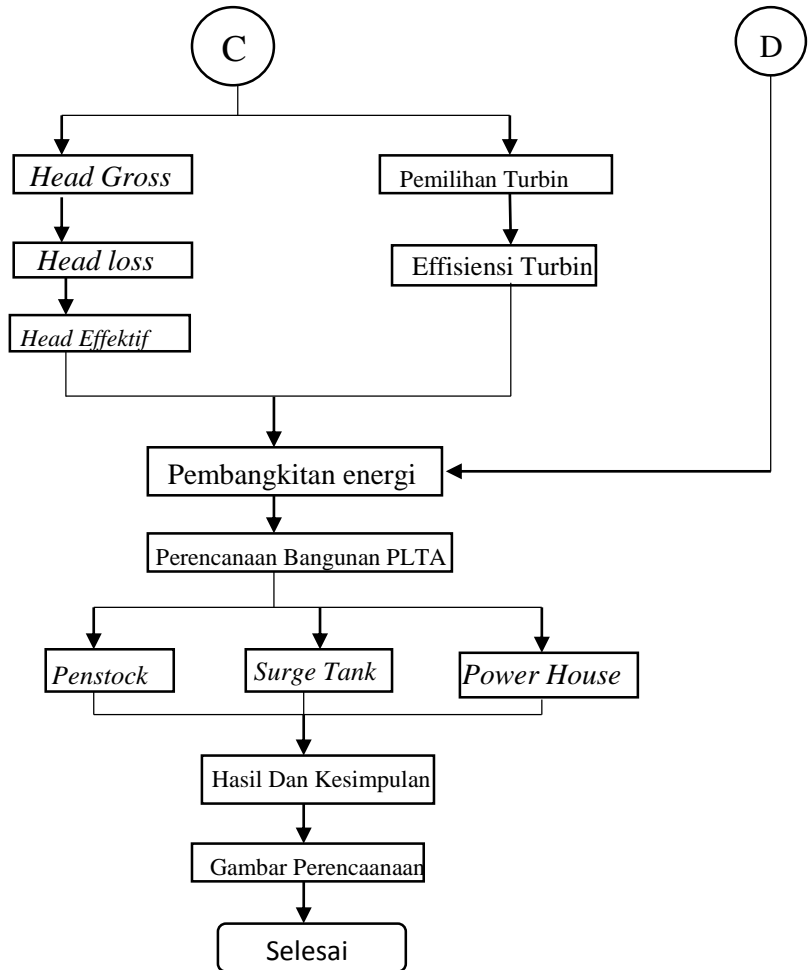
### **3.5. Kesimpulan dan Saran**

Kesimpulan dan Saran merupakan hasil dari analisa dan jawaban akan permasalahan yang ada.

Alur pengerjaan atau *flowchart* seperti pada gambar 3.1.





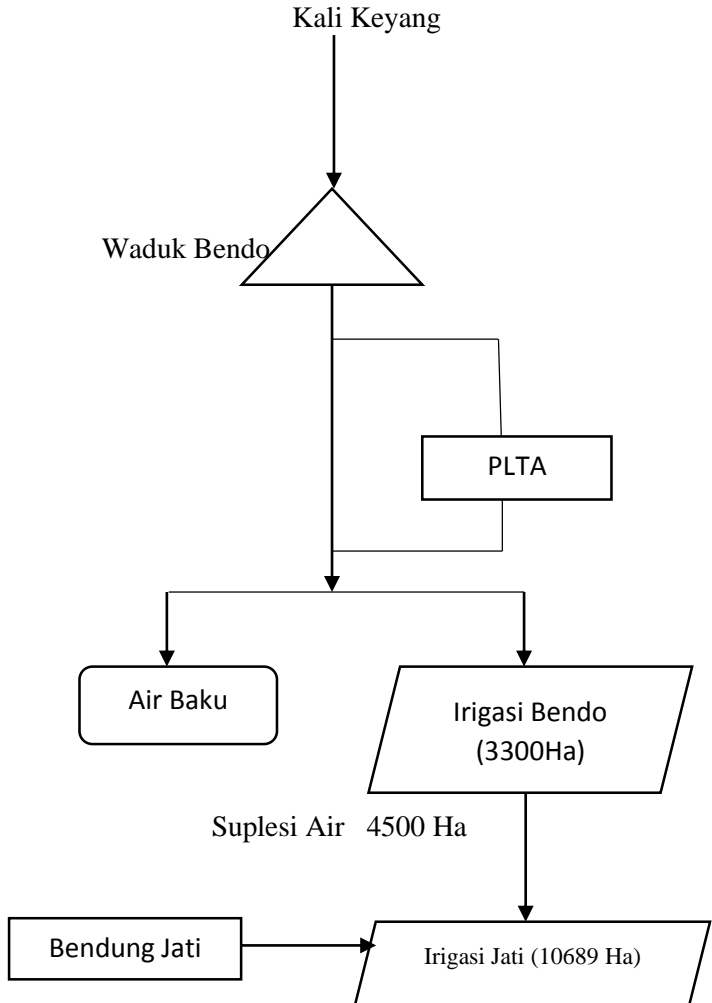


Gambar 3 1 Bagan alur/Flowchart



*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

**BAB IV  
ANALISIS DATA**



Gambar 4 1 Skema Aliran Waduk Bendo

Dari gambar 4.1 dapat diartikan bahwa air dari intake Waduk Bendo ke PLTM terlebih dahulu kemudian kembali lagi ke sungai, selanjutnya dimanfaatkan untuk kebutuhan irigasi dan air baku. Debit yang dipakai dalam PLTM merupakan hasil dari jumlah kebutuhan air irigasi secara *kontinu* dan air baku, sehingga menghasilkan daya listrik yang konstan.

## **4.1 Analisa Hidrologi**

### **4.1.1 Evapotranspirasi**

Data klimatologi diperoleh dari Dinas PU Pengairan Jatim yang tercatat di stasiun klimatologi Lanud Iswahyudi Madiun rerata dari tahun 2015-2017 dapat dilihat pada tabel 4.1. Perhitungan klimatologi ini meliputi temperatur, kelembapan relatif, kecepatan angin dan penyinaran matahari yang berguna untuk menghitung evapotranspirasi. Karakteristik data klimatologi sebagai berikut :

- a) Temperatur udara terendah pada bulan Juni Tahun 2017 sebesar 23,60 °C dan tertinggi pada bulan November Tahun 2015 sebesar 24,07 °C.
- b) Kelembapan udara relatif terendah pada bulan Juni 2017 sebesar 77,45 % dan tertinggi pada bulan April Tahun 2017 sebesar 90,50 %.
- c) Lama penyinaran matahari terendah terjadi pada bulan Januari Tahun 2016 sebesar 50,95 % dan tertinggi pada bulan September tahun 2017 sebesar 84,15 %.
- d) Kecepatan angin terendah pada bulan Januari Tahun 2015 sebesar 18,06 km/hari dan tertinggi pada bulan Juni taun 2015 sebesar 46,93 km/hari.

Dalam analisa evapotranspirasi menggunakan Metode Penman modifikasi. Hasil perhitungan evapotranspirasi dapat dilihat pada tabel 4.3.

Berikut ini contoh perhitungan evapotranspirasi pada bulan Maret :

1. Data klimatologi pada bulan Maret

- a. Suhu (T) : 23,91 °C
  - b. Kelembaban relatif (RH) : 82,16 %
  - c. Lama penyinaran matahari (n/N) : 68,63 %
  - d. Kecepatan angin (U) : 21,18 km/hari
2. Contoh perhitungan pada bulan Maret
- a. Mencari harga tekanan uap jenuh,  $e_a$  (mbar)  
Diketahui  $T = 23,91$  °C  
Maka  $e_a = 29,64$  mbar (lampiran)
  - b. Mencari harga tekanan uap nyata,  $e_d$  (mbar)  
 $e_d = e_a \times RH = 29,64 \times 82,16 \% = 24,35$  mbar
  - c. Mencari harga perbedaan tekanan uap air,  $e_a - e_d$  (mbar)  
 $e_a - e_d = 29,64 - 24,35 = 5,29$  mbar
  - d. Mencari harga fungsi angin,  $f(U)$  (km/hari)  
Diketahui  $U = 21,18$  km/hari  
Dengan rumus  $f(U) = 0,27 \times (1 + U/100) = 0,33$  km/hari
  - e. Mencari harga faktor pembobot,  $W$   
Diketahui  $T = 23,91$  °C, Maka  $W = 0,73$  (lampiran)
  - f. Mencari  $(1 - W)$   
 $(1 - W) = (1 - 0,73) = 0,27$
  - g. Mencari harga radiasi extra terrestrial,  $R_a$  (mm/hari)  
Lokasi waduk berada di  $07^\circ 30''$  LS  
Maka  $R_a = 15,52$  mm/hari (lampiran)
  - h. Mencari harga radiasi gelombang pendek,  $R_n$  (mm/hari)  
 $R_s = (0,25 + 0,5(n/N)) \times R_a$   
 $R_s = (0,25 + 0,5(0,69)) \times 15,52 = 9,21$  mm/hari
  - i. Mencari harga radiasi netto gelombang pendek,  $R_{ns}$  (mm/hari)  
 $R_{ns} = R_s (1 - \alpha)$  ;  $\alpha = 0,75$  (koefisien pamantulan)  
 $R_{ns} = 9,21 (1 - 0,75) = 2,30$  mm/hari
  - j. Mencari harga koreksi akibat suhu,  $f(T)$   
Diketahui  $T = 23,91$  °C  
Maka  $f(T) = 15,38$  (lampiran)
  - k. Mencari harga koreksi akibat tekanan uap nyata,  $f(ed)$   
Diketahui  $e_d = 24,35$  mbar  
Dengan rumus  $f(ed) = 0,34 - 0,044\sqrt{ed} = 0,12$  (lampiran)
  - l. Mencari harga fungsi penyinaran,  $f(n/N)$   
Diketahui  $n/N = 68,63\%$

Dengan rumus  $f(n/N) = (0,1 + 0,9 \times (n/N)) = 0,72$   
(lampiran)

- m. Mencari harga radiasi netto gelombang panjang,  $Rn1$   
(mm/hari)

$$Rn1 = f(T) \times f(ed) \times f(n/N)$$

$$Rn1 = 15,38 \times 0,12 \times 0,72 = 1,36$$

- n. Mencari harga faktor koreksi,  $c$

$$c = 1 \text{ (Tabel 4.1)}$$

- o. Evapotranspirasi potensial,  $ETo$  (mm/hari)

$$ETo = c \{ W \times Rs + (1-W) \times f(U) \times (ea-ed) \}$$

$$ETo = 1 \{ 0,73 \times 9,21 + (0,27) \times 0,33 \times 5,29 \}$$

$$ETo = 1,52 \text{ mm/hari}$$

**Tabel 4 1 Nilai Koreksi Bulanan (c) untuk rumus Penmann**

Bulan	c	Bulan	c
Januari	1.1	Juli	0.9
Februari	1.1	Agustus	1
Maret	1	September	1.1
April	0.9	Oktober	1.1
Mei	0.9	November	1.1
Juni	0.9	Desember	1.1

Sumber: Direktorat Jenderal Pengairan 1986

Data Klimatologi menurut stasiun lanud Iswahyudi madiun, meliputi Temperatur Dengan lambang  $t$  dan satuan  $^{\circ}C$ . Kelembapan Relatif dengan lambang  $RH$  dan satuan  $\%$ . Kecepatan angin dengan lambang  $U$  dan satuan  $km/hari$ . Penyinaran Matahari dengan lambang  $n/N$  dengan satuan  $\%$ . Data Klimatologi stasiun lanud iswahyudi didapatkan data mulai dari tahun 2014 hingga tahun 2016 seperti pada tabel 4.2.

Tabel 4 2 Data Klimatologi Rerata Tahun 2015-2017

No	Uraian	Lambang	Satuan	Bulan											
				JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1	Temperatur	T	°C	24.02	23.95	23.91	24.02	24.02	23.99	24.03	23.87	23.95	23.95	23.95	23.89
2	Kelembapan Relatif	RH	%	0.86	0.80	0.82	0.87	0.84	0.79	0.82	0.84	0.88	0.88	0.80	0.83
3	Kecepatan Angin	U	km/hari	20.72	26.42	21.18	23.31	28.34	31.69	29.26	38.66	34.01	30.05	27.42	26.25
4	Penyinaran Matahari	n/N	%	0.57	0.66	0.69	0.63	0.72	0.72	0.78	0.76	0.76	0.78	0.70	0.71

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4 3 Peritungan Evapotransirasi Potensial

NO	URAIAN	LAMBANG	SATUAN	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sep	Okt	Nov	Des
1	Temperatur	t	°C	24.02	23.95	23.91	24.02	24.02	23.99	24.03	23.87	23.95	23.95	23.95	23.89
2	Kelembapan Relatif	RH	%	86.29	80.23	82.16	87.34	83.59	78.60	81.72	84.06	88.14	87.93	79.55	83.35
3	Kecepatan Angin	U	km/Jam	20.72	26.42	21.18	23.31	28.34	31.69	29.26	38.66	34.01	30.05	27.42	26.25
4	Penyinaran Matahari	n/N	%	56.70	66.41	68.63	62.91	71.71	72.42	78.29	75.78	76.17	78.29	70.09	70.89
5	Tekanan Uap Jenuh	ea	mbar	29.83	29.72	29.64	29.83	29.83	29.77	29.86	29.57	29.72	29.72	29.72	29.61
6	Tekanan Uap Nyata	ed	mbar	25.74	23.84	24.35	26.05	24.93	23.40	24.40	24.86	26.19	26.13	23.64	24.68
7	Fungsi Angin	f(U)		0.33	0.34	0.33	0.33	0.35	0.36	0.35	0.37	0.36	0.35	0.34	0.34
8	W			0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
9	Faktor Pembobotan	(1-W)		0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
10	Radiasi Ekstra Tereksterial	Ra	mm/hari	16.04	16.08	15.52	14.46	13.16	12.48	12.78	13.76	14.92	15.78	15.78	15.94
11	Radiasi Gelombang Pendek	Rs	mm/hari	8.56	9.36	9.21	8.16	8.01	7.64	8.20	8.65	9.41	10.12	9.47	9.64
12	Radiasi Netto Gelombang Pendek	Rns	mm/hari	2.14	2.34	2.30	2.04	2.00	1.91	2.05	2.16	2.35	2.53	2.37	2.41
13	Fungsi Tekanan Uap Nyata	f(ed)		0.12	0.13	0.12	0.12	0.12	0.13	0.12	0.12	0.11	0.12	0.13	0.12
14	Fungsi Penyinaran Matahari	f(n/N)		0.61	0.70	0.72	0.67	0.75	0.75	0.80	0.78	0.79	0.80	0.73	0.74
15	Fungsi Suhu	f(t)		15.40	15.39	15.38	15.40	15.40	15.40	15.41	15.37	15.39	15.39	15.39	15.38
16	Radiasi Netto Gelombang Panjang	RnI	mm/hari	1.10	1.34	1.36	1.18	1.38	1.47	1.52	1.45	1.39	1.43	1.42	1.38
17	Radiasi Netto	Rn	mm/hari	1.04	1.00	0.95	0.86	0.62	0.44	0.53	0.71	0.96	1.11	0.95	1.03
18	Faktor Koreksi	c		1.10	1.10	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90	1.00	1.10	1.10	1.10	1.10
19	Evapotranspirasi Potensial	Eto	mm/hari	1.38	1.91	1.52	1.03	1.27	1.59	1.38	1.48	1.31	1.34	1.96	1.65

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4 4 Hujan Andalan

No	m/nx 100%	Jan		Feb		Mar		Apr		Mei		Jun		Jul		Agu		Sep		Okt		Nov		Des	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	10	241	209	310	308	286	286	282	273	150	112	97	232	18	44	45	8	42	196	174	117	319	317	295	209
2	20	192	181	303	266	142	254	276	152	105	98	71	81	13	23	10	0	5	39	116	88	214	266	273	186
3	30	140	172	278	211	102	207	260	139	105	91	52	76	0	12	0	0	0	2	37	75	138	238	188	150
4	40	109	155	182	199	100	193	259	138	98	91	34	68	0	8	0	0	0	0	8	73	136	209	183	148
5	50	106	149	173	154	91	182	224	133	78	57	29	8	0	6	0	0	0	0	3	66	100	208	128	114
6	60	104	113	164	96	75	147	170	125	75	41	18	5	0	2	0	0	0	0	0	64	96	205	117	111
7	70	90	96	97	82	47	135	152	120	65	31	17	0	0	0	0	0	0	0	0	25	58	188	104	94
8	80	65	69	89	71	44	123	136	57	31	15	13	0	0	0	0	0	0	0	0	15	40	148	77	87
9	90	50	63	39	49	36	85	127	32	15	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0	68	46
10	100	26	58	25	37	29	59	127	22	9	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sumber: Hasil Perhitungan

### 4.1.2 Hujan Andalan

Stasiun hujan : Sawoo, Kab. Ponorogo.

Data hujan yang disajikan sebagai analisa 10 tahun terakhir (2007-2016).

$$P = \frac{m}{n} \times 100\%$$

Dengan :

P = peluang (%)

m = no urut data

n = jumlah data

Peluang yang dibutuhkan dalam hujan andalan adalah 80%.

Maka,

$$P = \frac{m}{n} \times 100\%$$

$$80\% = \frac{m}{10} \times 100\%$$

$$m = 8$$

Sehingga hujan andalan terletak pada no urut 8 seperti pada tabel 4.4.

#### Curah Hujan Andalan

Stasiun hujan : Sawoo, kab. Ponorogo

EL : +159 mdpl



### 4.1.3 Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif merupakan curah hujan jatuh pada suatu daerah dapat digunakan tanaman untuk pertumbuhannya. Curah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk memenuhi kehilangan air akibat evapotranspirasi tanaman, perkolasi dan lain-lain. Jumlah hujan yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman bergantung pada jenis tanaman.

$$\text{Re padi} = R_{80} \times 70\%$$

$$\text{Re tebu} = R_{80} \times 60\%$$

$$\text{Re palawija} = R_{80} \times 50\%$$

Analisa curah hujan efektif ini bermaksud untuk menghitung kebutuhan air irigasi. Curah hujan efektif bulanan diambil 80% dari curah hujan minimum dengan periode ulang tertentu dengan kemungkinan gagal 20% (curah hujan R80). Untuk lebih jelasnya perhitungannya akan disajikan tabel 4.5.

Tabel 4.5 Re Padi dan Re Palawija

		R eff (mm/hari)			
		R 80%	Padi	Palawija	Tebu
Januari	1	65	3.03	2.17	2.60
	2	69	1.61	1.15	1.38
Februari	1	89	4.15	2.97	3.56
	2	71	1.66	1.18	1.42
Maret	1	44	2.05	1.47	1.76
	2	123	2.87	2.05	2.46
April	1	136	6.35	4.53	5.44
	2	57	1.33	0.95	1.14
Mei	1	31	1.45	1.03	1.24
	2	15	0.35	0.25	0.30
Juni	1	13	0.61	0.43	0.52
	2	0	0.00	0.00	0.00
Juli	1	0	0.00	0.00	0.00
	2	0	0.00	0.00	0.00
Agustus	1	0	0.00	0.00	0.00
	2	0	0.00	0.00	0.00
September	1	0	0.00	0.00	0.00
	2	0	0.00	0.00	0.00
Oktober	1	0	0.00	0.00	0.00
	2	15	0.35	0.25	0.30
November	1	40	1.87	1.33	1.60
	2	148	3.45	2.47	2.96
Desember	1	77	3.59	2.57	3.08
	2	87	2.03	1.45	1.74

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan tabel 4.5 curah hujan efektif untuk tanaman padi, jagung, dan palawija

- Kolom 1 : Bulan
- Kolom 2 : Periode
- Kolom 3 : Curah hujan efektif / R80 (didapatkan pada tabel 5.8 dengan cara metode aritmatika)
- Kolom 4 : Re Padi

Curah hujan efektif pada tanaman padi dihitung dengan cara:  
Misal pada Januari periode 1 :

$$\begin{aligned} \text{Re padi} &= R_{80} \times 0,7 \\ &= 65 \times 0,7 \\ &= 46 \text{ mm} : 15 \text{ hari} \\ &= 3,03 \end{aligned}$$

- Kolom 5 : Re Palawija

Curah hujan efektif pada tanaman palawija dihitung dengan cara :

Misal pada Januari periode 1 :

$$\begin{aligned} \text{Re palawija} &= R_{80} \times 0,5 \\ &= 65 \times 0,5 \\ &= 33 \text{ mm} : 15 \text{ hari} \\ &= 2,17 \end{aligned}$$

- Kolom 6 : Re Tebu

Curah hujan efektif pada tanaman palawija dihitung dengan cara :

Misal pada Januari periode 1 :

$$\begin{aligned} \text{Re Tebu} &= R_{80} \times 0,6 \\ &= 65 \times 0,6 \\ &= 39 \text{ mm} : 15 \text{ hari} \\ &= 2,60 \end{aligned}$$

#### 4.1.4 WLR (*Water Layer Requirement*)

Untuk tanaman padi menggunakan padi varietas unggul sesuai FAO, sehingga umur padi hanya 3 bulan. Pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Harga Koefisien Tanaman

Bulan	Padi		Kedelai	Palawija	
	Varietas Biasa	Varietas Unggul		Kacang Tanah	Jagung
0.5	1.10	1.10	0.50	0.50	0.50
1.0	1.10	1.10	0.75	0.51	0.95
1.5	1.10	1.05	1.00	0.66	0.96
2.0	1.10	1.05	1.00	0.85	1.05
2.5	1.10	0.95	0.82	0.95	1.02
3.0	1.05	0.00	0.45*	0.95	0.95*
3.5	0.95			0.95	
4.0	0.00			0.55	
4.5				0.55*	

Sumber: Direktorat Jenderal Pengairan, 1986

#### 4.1.5 ETC

Tabel LP atau Etc hanya digunakan saat fase persiapan lahan. Jika nilai  $E_{o+p}$  tidak ada dalam tabel harus dicari dengan rumus interpolasi.

Rumus interpolasi:

X1	Y1
X	Y
X2	Y2

$$y = y1 + \frac{(x - x1)}{(x2 - x1)}(y2 - y1)$$

Dengan nilai :

T = 30 hari

S = 250 mm

Seperti pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Kebutuhan Air Irigasi Saat Penyiapan Lahan

Eo + P mm / hari	T = 30 hari	
	S = 250 mm	S = 300 mm
3	9.7	11.3
3.5	10	11.7
4	10.3	12
4.5	10.7	12.3
5	11.1	12.7
5.5	11.4	13
6	11.7	13.3
6.5	12	13.6
7	12.3	13.9
7.5	12.6	14.2
8	13	14.5
8.5	13.3	14.8
9	13.6	15.2
9.5	14	15.5
10	14.3	15.8
10.5	14.7	16.2
11	15	16.5

Sumber: Direktorat Jenderal Pengairan, 1986

Saat menghitung kebutuhan air untuk konsumtif tanaman (Etc).

$$M = Eo + P$$

Dengan :

M = Kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang telah dijenuhkan

Eo = Evaporasi air terbuka (mm/hari)

$$= ETo \times 1,10$$

P = Perkolasi (mm/hari) (Tergantung tekstur tanah)  
 Sehingga menghasilkan perhitungan seperti tabel 4.8.

Tabel 4.8 Etc

Bulan	Periode	Et0	E0 = (Et0 X 1.1) (mm/hari)	M= (E0 + P) (mm/hari)	T (mm/hari)	S (mm/hari)	LP
Januari	1	1.38	1.52	3.52			10.01
	2	1.38	1.52	3.52			10.01
Februari	1	1.91	2.10	4.10			10.38
	2	1.91	2.10	4.10			10.38
Maret	1	1.52	1.67	3.67			10.10
	2	1.52	1.67	3.67			10.10
April	1	1.03	1.14	3.14			9.78
	2	1.03	1.14	3.14			9.78
Mei	1	1.27	1.39	3.39			9.94
	2	1.27	1.39	3.39			9.94
Juni	1	1.59	1.75	3.75			10.15
	2	1.59	1.75	3.75	30	250	10.15
Juli	1	1.38	1.52	3.52			10.01
	2	1.38	1.52	3.52			10.01
Agustus	1	1.48	1.63	3.63			10.08
	2	1.48	1.63	3.63			10.08
September	1	1.31	1.44	3.44			9.96
	2	1.31	1.44	3.44			9.96
Oktober	1	1.34	1.47	3.47			9.98
	2	1.34	1.47	3.47			9.98
Nopember	1	1.96	2.16	4.16			10.43
	2	1.96	2.16	4.16			10.43
Desember	1	1.65	1.82	3.82			10.19
	2	1.65	1.82	3.82			10.19

Sumber: Hasil Perhitungan

#### 4.1.6 Kebutuhan Air Untuk Tanaman

- Kebutuhan bersih air di sawah ( NFR )

Saat fase penyiapan lahan rumus NFR seperti berikut :

$$\text{NFR padi} = \text{Etc} \times \text{Re}$$

Sedangkan saat fase pertumbuhan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{NFR padi} = \text{Etc} + \text{P} - \text{Re} + \text{WLR}$$

$$\text{NFR pol} = \text{Etc} - \text{Re}_{\text{pol}}$$

- Kebutuhan air irigasi di pintu pengambilan

$$\text{DR} = \text{NFR} / e, 8,64$$

$$e = \text{menggunakan } 0,65$$

Sehingga diperoleh hasil perhitungan seperti tabel 4.9.

pada tabel 4.9 Berikut ini adalah penjelasannya:

1.	Kolom 1	:	Bulan
2.	Kolom 2 dan 3	:	Periode , Perhitungan evapotranspirasi (Eto) tabel 4.3
3.	Kolom 4	:	Curah hujan efektif 80% tabel 4.5 (mm/hari)
4.	Kolom 5	:	Curah hujan efektif untuk tanaman padi , $\text{Re}_{\text{padi}}$ tabel 4.5(mm/hari)
5.	Kolom 6	:	Perkolasi = 2mm/hari
6.	Kolom 7	:	<i>Water Layer Requirement</i> (mm/hari)
7.	Kolom 8,9,10	:	Koefisien tanaman padi,c1,c2,c3
8.	Kolom 11	:	Koefisien rata-rata tanaman padi
9.	Kolom 12	:	$\text{Etc} = \text{Eto} \times c$ (mm/hari)
10.	Kolom 13	:	Kebutuhan air untuk tanaman padi, $\text{NFR} = \text{Etc} + \text{P} - \text{Re}_{\text{padi}} + \text{WLR}$
11.	Kolom 14	:	$\text{NFR} (l/dt/Ha) = \text{Kolom}(13)/(24 \times 3600 \times 10000)$
12.	Kolom 15	:	Kebutuhan air untuk irigasi di intake DR (l/dt/Ha)
13.	Kolom 16	:	Curah hujan efektif untuk tanaman polowijo, $\text{Re}_{\text{pol}}$ tabel 4.5(mm/hari)
14.	Kolom 17	:	Perkolasi = 2mm/hari
15	Kolom 18,19,20	:	Koefisien tanaman polowijo,c1,c2,c3
16	Kolom 21	:	Koefisien rata-rata tanaman polowijo
17	Kolom 22	:	$\text{Etc} = \text{Eto} \times c$ (mm/hari)
18	Kolom 23	:	Kebutuhan air untuk tanaman polowijo, $\text{NFR} = \text{Etc} + \text{P} - \text{Re}_{\text{polowijo}} + \text{WLR}$
19	Kolom 24	:	$\text{NFR} (l/dt/Ha) = \text{Kolom}(23)/(24 \times 3600 \times 10000)$
20	Kolom 25	:	Kebutuhan air untuk irigasi di intake DR (l/dt/Ha)

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

Tabel 4.9 Rencana Pola Tata Tanam Dan Kebutuhan Airnya bulan Nopember Periode 1

keyan	Periode	Padi									Palawija													
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR				
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)				
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.45	2.09	0.37	2.17	2										
	2	1.38	69.00	3.22	2	1.67	0.55	1.05	0.775	1.07	1.52	0.27	2.30	2										
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2	1.67	0	0.5	0.25	0.48	0.00	0.00	2.97	2										
	2	1.91	71.00	3.31	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	2.37	2										
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2		LP	LP	LP	10.10	10.05	1.79	1.47	2										
	2	1.52	123.00	5.74	2		1.1	LP	LP	10.10	6.36	1.13	4.10	2										
April	1	1.03	136.00	6.35	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.14	0.00	0.00	4.53	2										
	2	1.03	57.00	2.66	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.11	2.12	0.38	1.90	2										
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.33	3.55	0.63	1.03	2										
	2	1.27	15.00	0.70	2	1.67	0.55	1.05	0.775	0.98	3.95	0.70	0.50	2										
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2	1.67	0	0.5	0.25	0.40	3.46	0.62	0.43	2										
	2	1.59	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2										
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2								0.00	2	0.5	0	0.25		0.35		2.35		0.42	
	2	1.38	0.00	0.00	2								0.00	2	0.59	0.5	0.545		0.75		2.75		0.49	
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2								0.00	2	0.96	0.59	0.775		1.15		3.15		0.56	
	2	1.48	0.00	0.00	2								0.00	2	1.05	0.96	1.005		1.49		3.49		0.62	
Septembe r	1	1.31	0.00	0.00	2								0.00	2	1.02	1.05	1.035		1.36		3.36		0.60	
	2	1.31	0.00	0.00	2								0.00	2	0.95	1.02	0.985		1.29		3.29		0.59	
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2								0.00	2	0	0.95	0.475		0.64		2.64		0.47	
	2	1.34	15.00	0.70	2								0.50	2	0	0	0		0.00		1.50		0.27	
Nopembe r	1	1.96	40.00	1.87	2		LP	LP	LP	10.43	10.56	1.88	1.33	2										
	2	1.96	148.00	6.91	2		1.1	LP	LP	10.43	5.52	0.98	4.93	2										
Desembe r	1	1.65	77.00	3.59	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.82	1.06	0.19	2.57	2										
	2	1.65	87.00	4.06	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.78	1.39	0.25	2.90	2										

Sumber: Hasil Perhitungan Hasil Perhitungan  
Kebutuhan air tanaman Untuk awal tanam yang berbeda dapat dilihat pada lampiran



Tabel 4.10 Data debit K. Keyang 1998-2017

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Jan	6.62	8.20	3.41	11.14	12.17	8.73	18.07	15.29	13.15	22.27	26.40	8.46	5.79	13.36	15.02	6.65	8.58	2.72	12.17	13.44
Feb	26.34	11.79	6.88	5.43	13.99	15.11	11.06	11.33	14.56	25.40	15.83	11.63	13.01	9.83	17.76	16.02	11.33	1.12	9.27	17.63
Mar	21.94	11.79	13.27	12.31	14.07	20.86	12.08	12.68	9.36	17.81	12.99	11.78	17.98	8.12	13.38	18.95	11.12	4.68	9.23	18.22
Apr	16.97	15.07	13.37	12.13	18.09	19.16	11.67	11.78	7.29	12.91	6.16	11.40	20.74	8.49	10.82	24.81	10.19	5.25	3.79	12.40
Mei	6.37	11.09	4.52	3.20	2.18	12.64	16.69	15.01	9.91	10.19	6.48	16.34	16.76	7.70	7.98	24.13	10.21	7.82	5.51	10.36
Juni	12.81	1.64	0.91	7.34	0.75	10.30	12.33	13.32	8.63	17.56	5.56	18.70	16.96	11.04	4.27	26.01	17.59	9.30	5.18	8.85
Juli	8.24	1.09	0.78	0.85	0.67	9.34	11.29	6.59	11.20	19.16	9.66	19.33	15.31	11.57	3.42	22.36	15.77	14.04	13.12	14.81
Ags	5.03	0.92	0.67	0.71	0.53	6.18	11.18	8.25	8.08	21.81	12.77	13.97	12.88	10.46	1.85	21.26	13.43	12.33	13.66	23.37
Sep	8.76	0.75	0.55	0.58	0.40	4.12	10.25	7.46	11.44	15.08	12.26	9.59	9.52	7.94	4.95	18.22	9.86	14.90	12.22	13.22
Okt	8.38	9.10	5.08	5.47	0.29	3.53	6.74	8.56	10.53	12.30	12.08	7.29	7.85	6.76	6.97	12.51	9.64	10.51	9.82	13.14
Nov	19.28	19.04	24.88	13.17	2.15	5.26	3.71	1.37	9.22	8.81	10.26	0.79	5.28	0.58	2.05	16.34	20.24	13.61	7.43	1.75
Des	13.90	9.64	3.99	0.71	11.14	3.83	11.37	11.52	11.34	11.55	11.75	11.36	11.61	11.17	11.29	12.08	12.45	11.67	11.83	11.29

Sumber: BBWS Bengawan Solo

Tabel 4.11 Debit Andalan

(%)	5.00	10.00	15.00	20.00	25.00	30.00	35.00	40.00	45.00	50.00	55.00	60.00	65.00	70.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	100.00
Rangking	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Jan	26.40	22.27	18.07	15.29	15.02	13.44	13.36	13.15	12.17	12.17	11.14	8.73	8.58	8.46	8.20	6.65	6.62	5.79	3.41	2.72
Feb	26.34	25.40	17.76	17.63	16.02	15.83	15.11	14.56	13.99	13.01	11.79	11.63	11.33	11.33	11.06	9.83	9.27	6.88	5.43	1.12
Mar	21.94	20.86	18.95	18.22	17.98	17.81	14.07	13.38	13.27	12.99	12.68	12.31	12.08	11.79	11.78	11.12	9.36	9.23	8.12	4.68
Apr	24.81	20.74	19.16	18.09	16.97	15.07	13.37	12.91	12.40	12.13	11.78	11.67	11.40	10.82	10.19	8.49	7.29	6.16	5.25	3.79
Mei	24.13	16.76	16.69	16.34	15.01	12.64	11.09	10.36	10.21	10.19	9.91	7.98	7.82	7.70	6.48	6.37	5.51	4.52	3.20	2.18
Juni	26.01	18.70	17.59	17.56	16.96	13.32	12.81	12.33	11.04	10.30	9.30	8.85	8.63	7.34	5.56	5.18	4.27	1.64	0.91	0.75
Juli	22.36	19.33	19.16	15.77	15.31	14.81	14.04	13.12	11.57	11.29	11.20	9.66	9.34	8.24	6.59	3.42	1.09	0.85	0.78	0.67
Ags	23.37	21.81	21.26	13.97	13.66	13.43	12.88	12.77	12.33	11.18	10.46	8.25	8.08	6.18	5.03	1.85	0.92	0.71	0.67	0.53
Sep	18.22	15.08	14.90	13.22	12.26	12.22	11.44	10.25	9.86	9.59	9.52	8.76	7.94	7.46	4.95	4.12	0.75	0.58	0.55	0.40
Okt	13.14	12.51	12.30	12.08	10.53	10.51	9.82	9.64	9.10	8.56	8.38	7.85	7.29	6.97	6.76	6.74	5.47	5.08	3.53	0.29
Nov	24.88	20.24	19.28	19.04	16.34	13.61	13.17	10.26	9.22	8.81	7.43	5.28	5.26	3.71	2.15	2.05	1.75	1.37	0.79	0.58
Des	13.90	9.64	3.99	0.71	11.14	3.83	11.37	11.52	11.34	11.55	11.75	11.36	11.61	11.17	11.29	12.08	12.45	11.67	11.83	11.29

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:  Debit an

#### 4.1.7 Debit Andalan

Data debit tersedia merupakan pengukuran debit sungai, yang diperoleh dari tahun 1998 sampai dengan tahun 2017. Untuk keperluan air irigasi akan dicari debit andalan bulanan dengan tingkat keandalan sebesar 80%. Dengan demikian diharapkan debit tersebut cukup layak untuk keperluan penyediaan air untuk irigasi.

Debit andalan 80% ialah debit dengan kemungkinan terpenuhi 80% atau tidak terpenuhi 20% dari periode waktu tertentu. Untuk menentukan kemungkinan terpenuhi atau tidak terpenuhi, debit yang sudah diamati disusun dengan urutan dari terbesar menuju terkecil. Catatan  $n$  tahun sehingga debit dengan kemungkinan tak terpenuhi 20%, dapat dihitung volume andalan dengan menggunakan metode kalifornia.

$$P = \frac{m}{n} \times 100\%$$

Peluang yang dibutuhkan dalam debit andalan adalah 80%.

Maka,

Contoh perhitungan untuk bulan Januari periode pertama:

- Merangking data debit sungai tahunan dari terbesar sampai terkecil dari tahun 1998 sampai dengan 2017.
- Menghitung  $P = \frac{m}{n} \times 100\%$ 

$$= \frac{8}{10} \times 100\%$$

$$= 80\%$$
- Dari 20 data debit sungai yang telah diurutkan tersebut diambil urutan ke-3 dari urutan terkecil sebagai  $Q_{80}$  nya. Dapat disimpulkan, dari data yang telah diurutkan dari yang terbesar sampai terkecil, karena 4 peringkat terbawah merupakan debit tak terpenuhi, diambil peringkat 5 terbawah sebagai nilai debit andalannya. Untuk hasil perhitungannya direkap pada Tabel 4.11.

#### 4.2 Analisa Kebutuhan air baku

Dalam analisa kebutuhan air Bersih ini didasarkan pada hasil proyeksi penduduk di Kecamatan Sawoo, Kabupaten Ponorogo selama 25 tahun yakni mulai tahun 2017 - 2042. Selanjutnya dalam perhitungan proyeksi penduduk ini digunakan 2 bentuk metode perhitungan yakni metode aritmatika dan metode geometrik. Dari dua metode ini akan dipilih salah satu metode proyeksi yang paling cocok dengan cara melihat hasil faktor korelasi dari 2 metode ini. Jika salah satu metode tersebut memiliki nilai faktor korelasi yang paling mendekati angka 1 maka metode tersebutlah yang akan digunakan dalam perencanaan kebutuhan air bersih di Kecamatan Sawoo

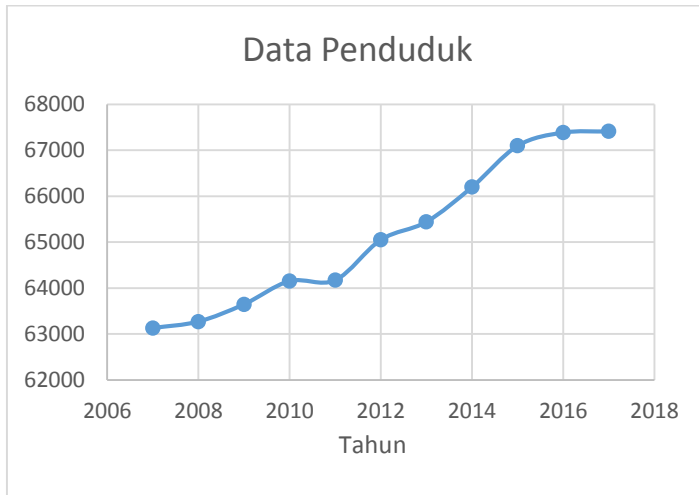
Dalam perhitungan proyeksi penduduk ini menggunakan data penduduk dari Kecamatan Sawoo dari tahun 2007 hingga tahun 2017. Berikut ini adalah data penduduk Kecamatan Sawoo tahun 2007 - 2017: (**Tabel 4.12**)

Tabel 4.12 Data Penduduk

No	Tahun	Desa														Total
		Ngindeng	Kori	Temon	Tumpuk	Pangkal	Tumpak pelem	Tempuran	Sriti	Sawoo	Prayungan	Tugurejo	Grogol	Ketro	Bondrang	
		(jiwa)	(jiwa)	(jiwa)	(jiwa)	(jiwa)	(jiwa)	(jiwa)	(jiwa)	(jiwa)	(jiwa)	(jiwa)	(jiwa)	(jiwa)	(jiwa)	(jiwa)
1	2007	2770	3021	6987	4035	6689	3587	5631	3645	8432	4678	1698	8715	1132	2108	63128
2	2008	2773	2927	6744	4352	6870	3634	5626	3555	8469	4719	1674	8666	1141	2118	63268
3	2009	2621	3048	7411	4458	6889	3580	5723	3569	8382	4445	1755	8580	1140	2043	63644
4	2010	2618	3428	7421	4472	6899	3543	5781	3569	8400	4458	1755	8643	1142	2022	64151
5	2011	2612	3071	7505	4480	6952	3567	5791	3576	8430	4474	1760	8643	1187	2122	64170
6	2012	2620	3065	7500	4543	6987	3767	5876	3769	8765	4532	1785	8565	1198	2078	65050
7	2013	2598	3084	7608	4510	7043	3520	5831	3635	9465	4885	1798	8250	1177	2038	65442
8	2014	2612	3123	7550	4520	7047	3529	5852	3651	9659	4918	1796	8726	1179	2038	66200
9	2015	2602	3128	7526	4524	7647	3520	5920	3853	9753	4925	1779	8700	1179	2043	67099
10	2016	2720	3120	7565	4535	7567	3576	5976	3851	9786	4965	1785	8721	1180	2041	67388
11	2017	2654	3179	7525	4534	7598	3567	5986	3841	9779	4970	1786	8743	1197	2054	67413

Sumber: Badan Pusat Statistika

Untuk grafik pertumbuhan jumlah penduduk dari tahun 2007-2017 untuk Kecamatan Sawoo bisa dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Pertumbuhan Jumlah Penduduk

#### 4.2.1 Proyeksi Penduduk Metode Aritmatika

Perhitungan proyeksi penduduk dengan metode aritmatika ini ditujukan untuk memperkirakan jumlah penduduk mendatang di tahun 2043 yang nantinya akan digunakan untuk menentukan kebutuhan air yang disuplai ke tiap rumah-rumah penduduk, dengan mengalikan jumlah penduduk dengan kebutuhan liter/orang/hari.

Perhitungan proyeksi penduduk dengan metode aritmatika ini menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan dapat berkurang/bertambah sebesar jumlah absolute yang sama/tetap pada masa yang akan datang sesuai dengan kecenderungan yang terjadi pada masa lalu. Menurut Klosterman (1990), mengacu pada Pittengar (1976), mengemukakan bahwa model ini hanya digunakan jika data yang tersedia relatif terbatas, sehingga tidak memungkinkan untuk menggunakan model yang lain. Selanjutnya, Isserman (1997) mengemukakan bahwa

model ini hanya dapat diaplikasikan untuk wilayah kecil dengan pertumbuhan lambat, dan tidak tepat untuk proyeksi pada wilayah – wilayah yang lebih luas dengan pertumbuhan penduduk yang tinggi. Berdasarkan hal tersebut persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$P_n = a + mr \quad ; \quad r = \frac{(a-p_0)}{m}$$

Keterangan :

- $P_n$  = Jumlah Penduduk pada Tahun ke – n  
 $a$  = Jumlah Penduduk pada Tahun dasar  
 $P_0$  = Jumlah Penduduk pada Tahun terakhir  
 $m$  =  $(T_0 - T_n)$   
 $T_n$  = Tahun ke – n  
 $T_0$  = Tahun dasar  
 $r$  = Laju Pertumbuhan

Sesuai dengan rumus yang disebutkan di atas maka perlu diketahui laju pertumbuhan penduduk Kecamatan Sawoo menurut Metode Aritmatika. laju pertumbuhan penduduk pada: **(Tabel 4.13.)**

Tabel 4.13 Laju Pertumbuhan Penduduk

No	Tahun	Jumlah	Aritmatik (Jiwa)
1	2007	63128	
2	2008	63268	140
3	2009	63644	376
4	2010	64151	507
5	2011	64170	19
6	2012	65050	880
7	2013	65442	392
8	2014	66200	758
9	2015	67099	899
10	2016	67388	289
11	2017	67413	25

Sumber:Hasil Perhitungan

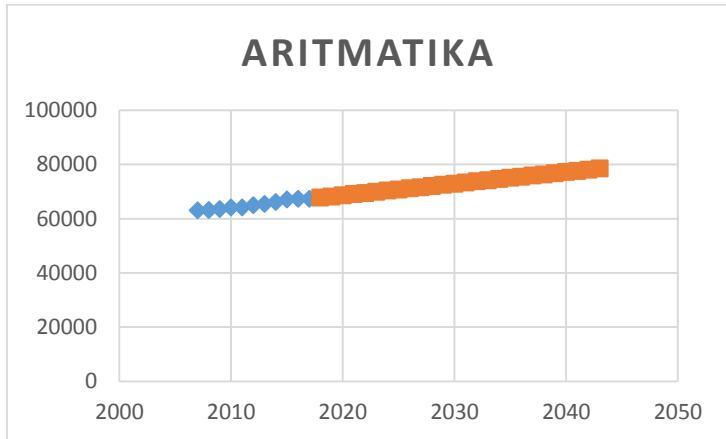
Hasil Proyeksi Pertumbuhan aritmatik pada tabel 4.14.

Tabel 4.14 Hasil Proyeksi Pertumbuhan aritmatik

Tahun	Data	Aritmatik
		(Jiwa)
2007	63128	
2008	63268	
2009	63644	
2010	64151	
2011	64170	
2012	65050	
2013	65442	
2014	66200	
2015	67099	
2016	67388	
2017	67413	67413
2018		67842
2019		68270
2020		68699
2021		69127
2022		69556
2023		69984
2024		70413
2025		70841
2026		71270
2027		71698
2028		72127
2029		72555
2030		72984
2031		73412
2032		73841
2033		74269
2034		74698
2035		75126
2036		75555
2037		75983
2038		76412
2039		76840
2040		77269
2041		77697
2042		78126
2043		78554

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk grafik pertumbuhan jumlah penduduk dengan metode aritmatik dari tahun 2018-2043 untuk Kecamatan Sawoo bisa dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4.3 Proyeksi pertumbuhan aritmatik

#### 4.2.2 Proyeksi Penduduk Metode Geometrik

Dalam perhitungan proyeksi penduduk dengan metode geometrik ini diasumsikan jika pertumbuhan jumlah penduduk akan bertambah/berkurang pada suatu tingkat pertumbuhan (persentase) yang tetap dari waktu ke waktu. Menurut Klosterman (1990), proyeksi dengan tingkat pertumbuhan yang tetap ini umumnya dapat diterapkan pada wilayah yang dimana pada tahun – tahun awal observasi penambahan absolut penduduknya sedikit dan menjadi semakin banyak pada tahun – tahun akhir. Sehingga persamaan yang digunakan yakni:

$$P_n = a(1+r)^m \quad ; \quad r = \left( \frac{a - p_0}{m \cdot a} \right) \times 100$$

Keterangan :

$P_n$  = Jumlah Penduduk pada Tahun ke- n

$a$  = Jumlah Penduduk pada Tahun dasar



- $P_o$  = Jumlah Penduduk pada Tahun terakhir  
 $m$  =  $(T_o - T_n)$   
 $T_n$  = Tahun ke - n  
 $T_o$  = Tahun dasar  
 $r$  = Laju Pertumbuhan

Sama halnya dengan perhitungan proyeksi metode artimatika yakni memerlukan perhitungan laju pertumbuhan penduduk terlebih dahulu, maka berikut ini adalah laju pertumbuhan penduduk Kecamatan Sawoo menurut metode geomterik: **(Tabel 4.15.)**

Tabel 4.15 Laju Pertumbuhan Penduduk

No	Tahun	Jumlah	Geometrik (Jiwa)
1	2007	63128	0.002217716
2	2008	63268	0.005942973
3	2009	63644	0.007966187
4	2010	64151	0.000296176
5	2011	64170	0.013713573
6	2012	65050	0.006026134
7	2013	65442	0.011582776
8	2014	66200	0.01358006
9	2015	67099	0.004307069
10	2016	67388	0.000370986
11	2017	67413	

Sumber:Hasil Perhitungan

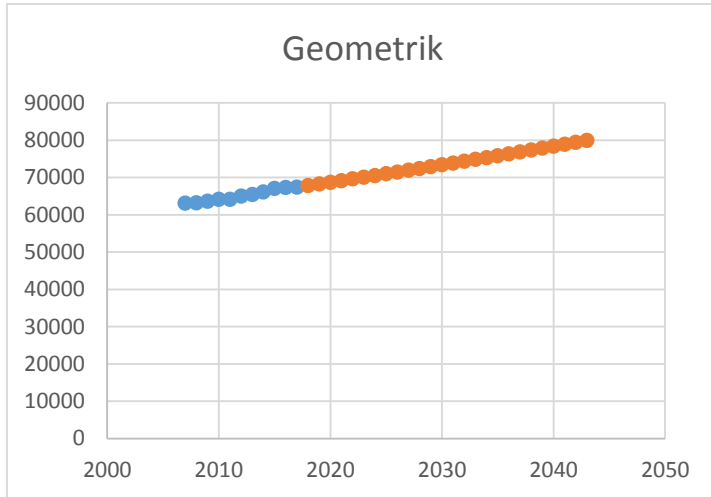
Hasil Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Geometrik pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Geometrik

Tahun	Data	Geometrik (Jiwa)
2007	63128	
2008	63268	
2009	63644	
2010	64151	
2011	64170	
2012	65050	
2013	65442	
2014	66200	
2015	67099	
2016	67388	
2017	67413	67413
2018		67857
2019		68304
2020		68754
2021		69207
2022		69663
2023		70122
2024		70584
2025		71049
2026		71518
2027		71989
2028		72463
2029		72941
2030		73421
2031		73905
2032		74392
2033		74882
2034		75376
2035		75872
2036		76372
2037		76875
2038		77382
2039		77892
2040		78405
2041		78922
2042		79442
2043		79965

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk grafik pertumbuhan jumlah penduduk dengan metode geometrik dari tahun 2018-2043 untuk Kecamatan Sawoo bisa dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Geometrik

Berdasarkan perhitungan proyeksi dari 2 metode yang telah dilakukan yakni dari metode Aritmatika dan Metode Geometrik, maka selanjutnya dilakukan perhitungan standar deviasi guna mengambil hasil proyeksi penduduk yang paling cocok dari kedua metode tersebut. Penentuan standar deviasi ini didasarkan dari nilai standar deviasi yang paling kecil dari 2 metode ini. Berikut ini adalah rumus dan hasil perhitungan standar deviasi metode aritmatika dan geometrik.

Rumus Standar deviasi

$$\text{Stdev} = \frac{\sum (Y_i - Y_{\text{mean}})^2}{\sum n - 1}$$

Hasil

Tabel 4.17 Perhitungan Standar Deviasi

Tahun	Hasil Perhitungan (Yi)		Hasil Perhitungan (Yi)		Yi - Yrata"		(Yi - Yrata") <sup>2</sup>	
	Aritmatika	Geometrik	Aritmatika	Geometrik	Aritmatika	Geometrik	Aritmatika	Geometrik
2007	63128	63128						
2008	63268	63268						
2009	63644	63644						
2010	64151	64151						
2011	64170	64170						
2012	65050	65050						
2013	65442	65442						
2014	66200	66200						
2015	67099	67099						
2016	67388	67388						
2017	67413	67413						
2018			67842	67857	-5356	-5895	286894 14	347503 47
2019			68270	68304	-4928	-5448	242827 20	296788 99
2020			68699	68754	-4499	-4998	202432 51	249778 07
2021			69127	69207	-4071	-4545	165710 06	206548 49
2022			69556	69663	-3642	-4089	132659 85	167179 27
2023			69984	70122	-3214	-3630	103281 89	131750 64
2024			70413	70584	-2785	-3168	775761 8	100344 09
2025			70841	71049	-2357	-2703	555427 1	730424 0
2026			71270	71518	-1928	-2234	371814 8	499296 2
2027			71698	71989	-1500	-1763	224925 0	310911 0
2028			72127	72463	-1071	-1289	114757 7	166135 4
2029			72555	72941	-643	-811	413128	658497
2030			72984	73421	-214	-331	45903	109479
2031			73412	73905	214	153	45903	23377
2032			73841	74392	643	640	413128	409410
2033			74269	74882	1071	1130	114757 7	127693 8
2034			74698	75376	1500	1623	224925 0	263546 8
2035			75126	75872	1928	2120	371814 8	449464 9

Tahun	Hasil Perhitungan (Yi)		Hasil Perhitungan (Yi)		Yi - Yrata"		(Yi - Yrata")^2	
	Aritmatika	Geometrik	Aritmatika	Geometrik	Aritmatika	Geometrik	Aritmatika	Geometrik
2036			75555	76372	2357	2620	555427	686428
2037			75983	76875	2785	3123	775761	975431
2038			76412	77382	3214	3630	103281	131748
2039			76840	77892	3642	4140	132659	171361
2040			77269	78405	4071	4653	165710	216486
2041			77697	78922	4499	5169	202432	267228
2042			78126	79442	4928	5689	242827	323695
2043			78554	79965	5356	6213	286894	385996
Jumlah	19031	19175					268532	342935
Rata-rata	42	55					916	152
STD EV	73198	73752					3277	3704

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan standar deviasi diatas maka dengan hasil standar deviasi yang memiliki nilai paling kecil adalah hasil proyeksi penduduk dengan menggunakan metode aritmatika. Maka perhitungan yang digunakan pada analisa jumlah penduduk Kecamatan Sawoo tahun 2043 nantinya akan menggunakan Metode Aritmatik sebagai prediksi penduduk Kecamatan Sawoo selama 25 tahun

### 4.2.3 Kebutuhan Air

Dalam perencanaan kebutuhan air bersih dalam suatu wilayah perlu mengetahui kebutuhan air per liter untuk satu orang dalam jangka waktu satu hari terlebih dahulu. Dan dalam penentuan kebutuhan air tersebut sangat bergantung dengan jumlah populasi penduduk tersebut. Hal ini dikarenakan setiap daerah memiliki kebutuhan air Bersih yang berbeda – beda yang dipengaruhi oleh berbagai faktor didalamnya. Oleh karena itu, didalam perencanaan kebutuhan air bersih di Kecamatan Sawoo dipakailah standar kebutuhan air bersih yang disesuaikan dengan jumlah populasi penduduk masing – masing. Berikut ini

adalah standar kebutuhan air Bersih dapat dilihat pada **Tabel 2.6.**

Contoh perhitungan pada Kecamatan sawoo :

Jumlah penduduk	= 78554 Jiwa
Domestik	= 78554 Jiwa x 80 = 13354180 lt/hari
Non Domestik	= 78554 Jiwa x 15% x 30 = 2356620 lt/hari
Kehilangan Air	= 78554 Jiwa x 20% = 1571080 lt/hari
Jumlah	= 17281880 lt/hari = 0.20 m3/detik

**Tabel 4.18 Perhitungan Kebutuhan Air Baku**

Desa	Jumlah Penduduk (jiwa)	Domestik (liter/hr)	Non Domestik (liter/hr)	Kehilangan Air (liter/hr)	Jumlah (liter/hr)	Jumlah (m3/dt)	Jumlah (lt/dt)
Kecamatan Sawoo	78554	13354180	2356620	1571080	17281880	0.20	200.02

Sumber:Hasil Perhitungan

Berdasarkan prediksi data jumlah penduduk Kecamatan Sawoo tahun 2043 tabel 4.17 dikali dengan standar kebutuhan air menurut Dinas Cipta Karya maka didapat  $Q = 0.02$  m3/dt seperti tabel 4.18.

### **4.3 Optimasi Irigasi dengan Metode Add-ins Solver Mic. Excel.**

#### **4.3.1 Analisa Optimasi Berdasarkan Debit Kebutuhan Irigasi Optimum**

Saat proses optimasi langkah yang dilakukan seperti pada sub bab 2.4.

Fungsi yang harus diisi dalam kolom solver :

- Set Objective :  

$$\text{Max}Z = \sum_{1}^{12}(DP \cdot Xi) + \sum_{1}^{3}(DJ \cdot Pi)$$

Dimana :

Z : Luas tanam dalam setahun (ha)

Xi : Luas areal tanaman untuk jenis padi, golongan bulan ke  $i_{1-12}$  (ha).

Pi : Luas areal tanaman untuk jenis palawija, golongan

bulan ke  $i_{1-3}$  (ha).

DP : Unit kebutuhan air (DR) untuk tanaman padi yang ditanam mulai bulan  $i$  (lt/dt/ha).

Dj : Unit kebutuhan air (DR) untuk tanaman palawija yang ditanam mulai bulan  $i$  (lt/dt/ha).

• Changing Variable : Luas tanam pada tiap bulannya.  $X_1, X_2, \dots, X_{12}$ . Dan  $P_1$ - $P_3$ .

• Constraints

1.  $\sum A_i \leq Areal$

$\sum A_i$  : Jumlah luas tanam pada bulan  $i$

Areal : Jumlah luas lahan irigasi (7800 ha)

2.  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{12}, P_1, P_2, P_3 \geq 0$

Luas tanam padi  $X_1 \geq 0$  pada bulan Nop

Luas tanam padi  $X_2 \geq 0$  pada bulan Des

Luas tanam padi  $X_3 \geq 0 \dots \dots \dots$  dst.  $X_{12}$

Luas tanam palawija  $P_1 \geq 0$  pada bulan Mei

Luas tanam palawija  $P_2 \geq 0 \dots \dots \dots$  dst.  $P_3$

3. Komulatif *Outflow*  $\leq$  Komulatif *Inflow* setelah air baku.

Hasil Optimasi Pola Tanam

Dengan menggunakan rumusan set *objective* dan *constrain* kemudian di analisis menggunakan program linier Microsoft excel dan dengan bantuan add ins solver, sehingga diperoleh hasil optimasi dengan debit andalan 80%. Hasil analisa kebutuhan air untuk tanaman ditunjukkan pada tabel 4.9 seperti. Pada tabel 4.9 dapat dijelaskan bahwa setiap bulannya dimulai tanam padi dengan luas sawah sebesar  $X$  ha. Tanam padi dimulai bulan Nopember dengan luas  $X_1$ , tanam padi dimulai bulan Desember dengan luas  $X_2$ , dan seterusnya hingga 12 bulan. Sedangkan palawija dimulai tanam bulan mei dengan luas  $P_1$ , bulan Juni dengan luas  $P_2$  dan seterusnya hingga  $P_3$ .

## OPTIMASI POLA TANAM

Luas Lahan (Ha) = 7800  
Luas Tanam MAX (Ha) = 19656.02

INTENSITAS TANAM (%) = 252.0003

Luas Tanam (Ha)		KEBUTUHAN AIR UNTUK TANAMAN PADI DAN POLOWIJO (LTR/DT/HA)											
		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
X 1	803.88 nov	1.43	0.22	0.32	0.00								
X 2	3565.72 des		1.49	0.29	0.30	0.18							
X 3	178.25 jan			1.73	0.43	0.46	0.00						
X 4	0.00 feb				1.54	0.22	0.00	0.42					
X 5	4056.02 mar					1.46	0.19	0.67	0.56				
X 6	2135.35 apr						1.30	0.63	0.86	0.61			
X 7	24.09 may							1.93	0.83	0.88	0.61		
X 8	0.00 jun								2.11	0.85	0.89	0.61	
X 9	0.00 jul									2.14	0.87	0.87	0.55
X 10	0.00 aug	0.20									2.15	0.83	0.81
X 11	0.00 sep	0.34	0.04									2.13	0.78
X 12	3252.14 oct	0.28	0.24	0.09									2.07
P 1	1584.53 mei							0.06	0.18	0.19			
P 2	0.00 jun								0.06	0.15	0.10		
P 3	4056.02 juli									0.08	0.10	0.45	

	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	BULAN
4056.0237	7621.745979	7800.0001	4547.8552	7800.0001	6369.6319	7800	7800	7800	7800	5664.6458	4056.0236	7308.1685	Luas Total
4056.0237	7621.745979	7800.0001	4547.8552	7800.0001	6369.6319	6215.468	6215.468	2159.4444	24.090245	0	3252.1449	Luas Tanam Padi	
0	0	0	0	0	0	1584.53	1584.53	5640.56	5640.56	4056.02	4056.02	Luas Tanam Palawija	
2053.9892	6270.181014	1880.69	1140.287	6641.6694	3533.9486	4195.6474	4415.906	1948.8624	426.17012	1813.7666	6737.188	Q optimasi	
2053.9892	12080.80475	6647.0716	9829.8042	11123.938	8487.8221	6371.7879	5179.4948	3419.9686	1845.2177	4117.7273	6737.188	Q eksploitasi	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Faktor Pemberian
2053.99	12080.80	6647.07	9829.80	11123.94	8487.82	6371.79	5179.49	3419.97	1845.22	4117.73	6737.19	Q Andalan	
30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	31	Jumlah Hari dalam se-Bulan
5323.94	16794.05283	5037.24	2758.5823	17789.047	9159.9947	11237.622	11446.028	5219.8332	1141.4541	4701.2831	18044.884	18044.884	Outflow (lt/dt)
5323.94	22117.99283	27155.233	29913.815	47702.862	56862.857	68100.479	79546.508	84766.341	85907.795	90609.078	108653.96	108653.96	Kumulatif Outflow
5323.94	32357.22744	17803.517	23780.262	29794.356	22000.435	17066.197	13425.25	9160.044	4942.2312	10673.149	18044.884	18044.884	Inflow (lt/dt)
5323.94	37681.16744	55484.684	79264.946	109059.3	131059.74	148125.93	161551.18	170711.23	175653.46	186326.61	204371.49	204371.49	Kumulatif Inflow
200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	Kebutuhan Air Bersih
5123.74	32157.02744	17603.317	23580.062	29594.156	21800.235	16865.997	13225.05	8959.844	4742.0312	10472.949	17844.684	17844.684	Inflow Setelah Air Bersih
5123.74	37280.76744	54884.084	78464.146	108058.3	129858.54	146724.53	159949.58	168909.43	173651.46	184124.41	201969.09	201969.09	Kumulatif Inflow Setelah Air Bersih

Sumber: Hasil Perhitungan



Tabel 4.19 Hasil Optimalisasi Menggunakan debit Irigasi direkayasa kontinu sepanjang tahun

<b>OPTIMASI POLA TANAM</b>												
Luas Lahan (Ha) = 7800			INTENSITAS TANAM (%) = 300									
Luas Tanam MAX (Ha) = 23400			KEBUTUHAN AIR UNTUK TANAMAN PADI DAN POLOWIJO (LTR/DT/HA)									
Luas Tanam (Ha)	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
X 1	3538.97	1.43	0.22	0.32	0.00							
X 2	1015.77		1.49	0.29	0.30	0.18						
X 3	1422.06			1.73	0.43	0.46	0.00					
X 4	1823.20				1.54	0.22	0.00	0.42				
X 5	3538.97					1.46	0.19	0.67	0.56			
X 6	985.98						1.30	0.63	0.86	0.61		
X 7	645.72							1.93	0.83	0.88	0.61	
X 8	1267.99								2.11	0.85	0.89	0.61
X 9	1467.45									2.14	0.87	0.87
X 10	1499.86	0.20									2.15	0.83
X 11	1026.65	0.34	0.04									2.13
X 12	1734.52	0.28	0.24	0.09								
P 1	687.89						0.06	0.18	0.19			
P 2	673.45							0.06	0.15	0.10		
P 3	2071.52								0.08	0.10	0.45	

	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	BULAN
	7800	7315.915242	7711.3237	7800	7800	7770.213459	7681.764985	7800	7800	7625.979872	7333.466234	7800	Luas Total
	7800.00	7315.915242	7711.3237	7800	7800	7770.213459	6993.873558	6438.663531	4367.139102	4881.0104	5261.941805	5728.475571	Luas Tanam Padi
	0	0	0	0	0	0	687.8914267	1361.336469	3432.860898	2744.969472	2071.524429	2071.52	Luas Tanam Palawija
	6206.619347	2746.50867	4034.4105	3720.930363	6404.397906	1946.510153	5033.13165	6208.864496	5778.574873	6300.52629	6404.397906	6404.397906	Q optimasi
	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	Q eksploitasi
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Faktor Pemberian
	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	Q Andalan
	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	Jumlah Hari dalam se-Bulan
	16087.55735	7356.248822	10805.765	9001.674734	17153.53935	5045.354317	13480.73981	16093.37677	15477.33494	16875.32961	16600.19937	17153.53935	Outflow (lt/dt)
	16087.55735	23443.80617	34249.571	43251.24586	60404.78521	65450.13953	78930.87934	95024.25611	110501.591	127376.9207	143977.12	161130.6594	Kumulatif Outflow
	16600.19937	17153.53935	17153.539	15493.51941	17153.53935	16600.19937	17153.53935	16600.19937	17153.53935	17153.53935	16600.19937	17153.53935	Inflow (lt/dt)
	16600.19937	33753.73872	50907.278	66400.79749	83554.33684	100154.5362	117308.0756	133908.2749	151061.8143	168215.3536	184815.553	201969.0924	Kumulatif Inflow
	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	Kebutuhan Air Bersih
	16399.99937	16953.33935	16953.339	15293.31941	16953.33935	16399.99937	16953.33935	16399.99937	16953.33935	16953.33935	16399.99937	16953.33935	Inflow Setelah Air Bersih
	16399.99937	33353.33872	50306.678	65599.99749	82553.33684	98953.33621	115906.6756	132306.6749	149260.0143	166213.3536	182613.353	199566.6924	Kumulatif Inflow Setelah Air Bersih
	5323.94	37681.16744	55484.684	79264.94625	109059.3018	131059.7366	148125.9333	161551.1837	170711.2277	175653.4589	186326.608	204371.4924	inflow Q andalan
	16400.04	48757.26744	66560.784	90341.04625	120135.4018	142135.8366	159202.0333	172627.2837	181787.3277	186729.5589	197402.708	215447.5924	Inflow Operasional

Sumber:Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan *Microsoft Excel – solver* tersebut diperoleh solusi optimum sebagai berikut :

-Luas lahan yang dihasilkan :

Tabel 4.20 Luas Hasil Optimasi dengan debit kebutuhan irigasi optimum

Luas Tanam (Ha)	
X 1	803.88
X 2	3565.72
X 3	178.25
X 4	0.00
X 5	4056.02
X 6	2135.35
X 7	24.09
X 8	0.00
X 9	0.00
X 10	0.00
X 11	0.00
X 12	3252.14
P 1	1584.53
P 2	0.00
P 3	4056.02

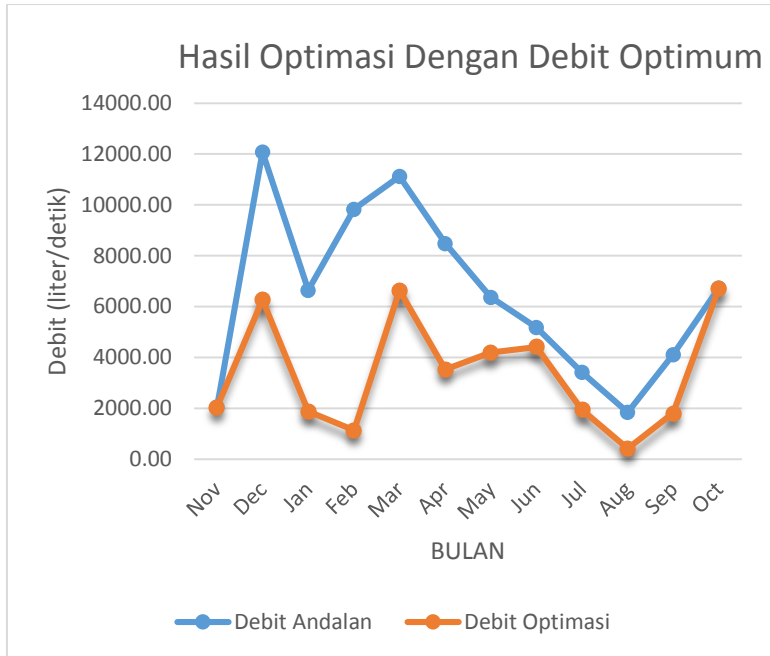
Sumber:Hasil Perhitungan

Keterangan dari tabel 4.20:

X<sub>1-12</sub> : Untuk padi pada bulan Nopember s/d Bulan Oktober

P<sub>1-3</sub> : Untuk palawija pada bulan Mei s/d Bulan Juli

Dari tabel 4.20 dapat diketahui bahwa tidak ada awal tanam padi pada bulan Mei dan Juni.

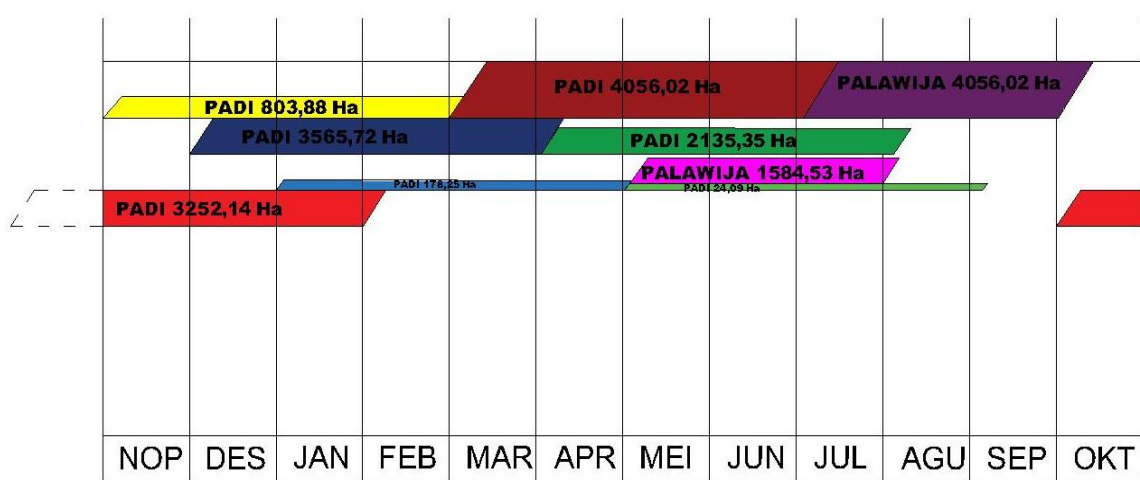


Gambar 4.5 Grafik optimasi menggunakan debit kebutuhan irigasi optimum

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari grafik 4.5 dapat diketahui grafik hasil optimasi dengan debit kebutuhan irigasi optimum. Ketika musim hujan dan kemarau I yaitu bulan Nopember, Desember, Januari, Februari, Maret, April, Mei, dan Juni mengalami kelebihan air sehingga ditampung pada tampungan waduk. Saat musim kemarau II yaitu bulan Juli, Agustus, September, dan Oktober mengalami kekurangan air sehingga air hasil penyadapan di tampungan waduk digunakan untuk mencukupi kebutuhan air. Sehingga intensitas tanamnya 252% dengan luas lahan 7800 ha.

Untuk sketsa pola tata tanam hasil optimasi dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Sketsa Pola Tata tanam Hasil Optimalisasi

Sumber: Hasil Perhitungan

### 4.3.2 Optimasi Menggunakan Debit Untuk Irigasi Direkayasa Kontinu Sepanjang Tahun

Karena opsi pertama daya untuk pembangkitan PLTA masih fluktuatif maka dibuatlah opsi yang kedua dimana debit yang digunakan untuk pembangkitan PLTA *kontinu* sepanjang tahun. Pertimbangan debit kontinu adalah untuk pembangkitan PLTA akan lebih baik. Debit kontinu dihasilkan dari komulatif *outflow* selama setahun. Besarnya debit dihasilkan adalah 6,404 lt/dt.

#### Fungsi yang harus diisi dalam kolom Solver

- Set Objective :

$$\text{Max}Z = \sum_1^{12}(DP \cdot Xi) + \sum_1^3(DJ \cdot Pi)$$

Dimana :

Z : Luas tanam dalam setahun (ha)

Xi : Luas areal tanaman untuk jenis padi, golongan bulan ke  $i_{1-12}$  (ha).

Pi : Luas areal tanaman untuk jenis palawija, golongan bulan ke  $i_{1-3}$  (ha).

DP : Unit kebutuhan air (DR) untuk tanaman padi yang ditanam mulai bulan  $i$  (lt/dt/ha).

Dj : Unit kebutuhan air (DR) untuk tanaman palawija yang ditanam mulai bulan  $i$  (lt/dt/ha).

- Changing Variable : Luas tanam pada tiap bulannya. X1, X2,.....X12. Dan P1-P3.

- Constraints

1.  $\sum Ai \leq Areal$

$\sum Ai$  : Jumlah luas tanam pada bulan  $i$

Areal : Jumlah luas lahan irigasi (7800 ha)

2.  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_{12}, P_1, P_2, P_3 \geq 0$

Luas tanam padi  $X_1 \geq 0$  pada bulan Nop

Luas tanam padi  $X_2 \geq 0$  pada bulan Des

Luas tanam padi  $X_3 \geq 0$ ..... dst.  $X_{12}$

Luas tanam palawija  $P_1 \geq 0$  pada bulan Mei

Luas tanam palawija  $P_2 \geq 0$ .....dst.  $P_3$

3. Debit Hasil Optimasi  $\leq$  Debit Eksploitasi (setiap bulannya)

Q Optimasi bulan Nop  $\leq$  Q Eksploitasi bulan Nop

Q Optimasi bulan Des  $\leq$  Q Eksploitasi bulan Des

Q Optimasi bulan Jan  $\leq$  Q Eksploitasi bulan Jan.....dst sampai bulan Oktober

#### Hasil Optimasi Pola Tanam

Dengan mengganti debit andalan 80% dengan debit kontinu sebesar 6404,40 lt/dt. Hasil analisa kebutuhan air untuk tanaman ditunj`ukkan pada tabel 4.24. Pada tabel tersebut dapat dijelaskan bahwa setiap bulannya dimulai tanam padi dengan luas sawah sebesar X ha. Tanam padi dimulai bulan Nopember dengan luas X1, tanam padi dimulai bulan Desember dengan luas X2, dan seterusnya hingga 12 bulan. Sedangkan palawija dimulai tanam bulan mei dengan luas P1, bulan Juni dengan luas P2 dan seterusnya hingga P3.

Dari hasil perhitungan *Microsoft Excel – solver* tersebut diperoleh solusi optimum sebagai berikut :

-Luas lahan yang dihasilkan :

Tabel 4.21 Luas Hasil Optimasi dengan debit irigasi direkayasa kontinu sepanjang tahun

Luas Tanam (Ha)	
X 1	3538.97
X 2	1015.77
X 3	1422.06
X 4	1823.20
X 5	3538.97
X 6	985.98
X 7	645.72
X 8	1267.99
X 9	1467.45
X 10	1499.86
X 11	1026.65
X 12	1734.52
P 1	687.89
P 2	673.45
P 3	2071.52

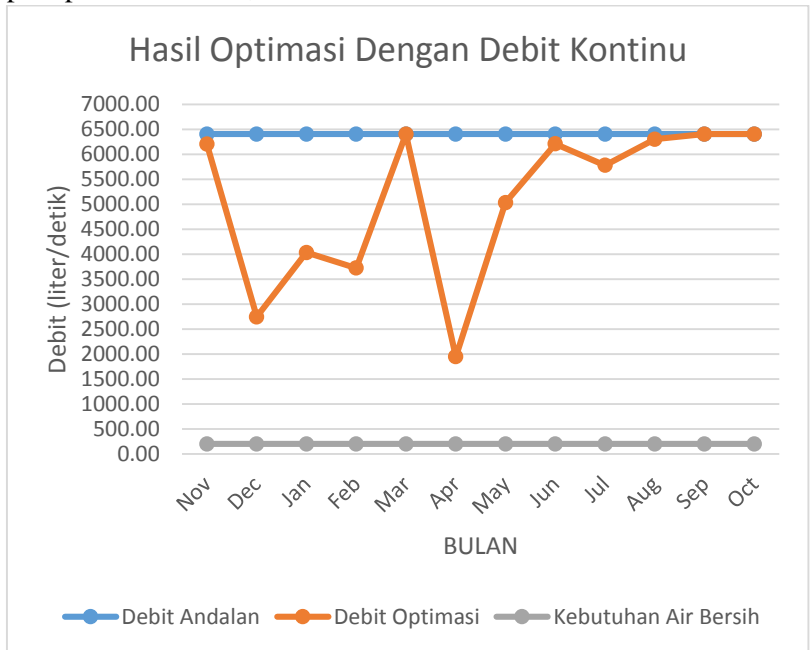
Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan tabel 4.22:

$X_{1-12}$  : Untuk padi pada bulan Nopember s/d Bulan Oktober

$P_{1-3}$  : Untuk palawija pada bulan Mei s/d Bulan Juli

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa tidak ada awal tanam padi pada bulan Mei, Juni dan Juli.

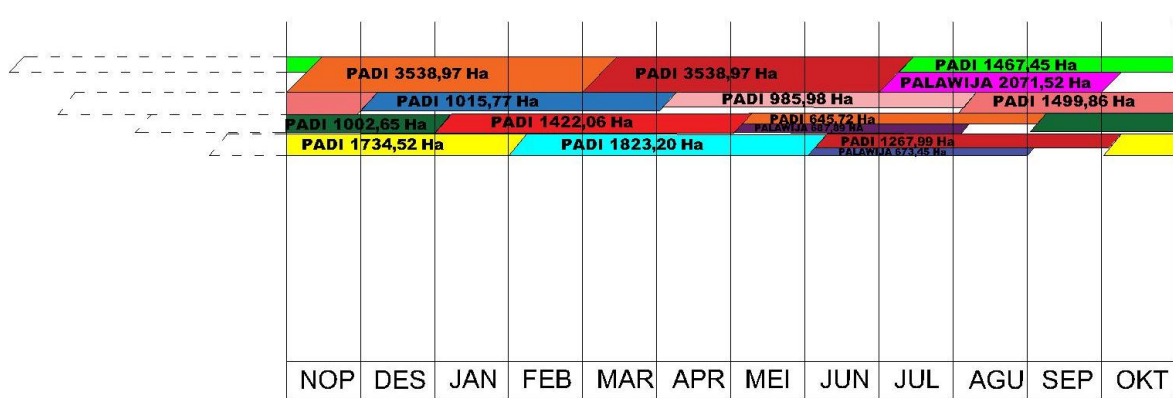


Gambar 4.7 Grafik optimasi dengan debit untuk irigasi direkayasa kontinu sepanjang tahun

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari grafik 4.7 dapat diketahui bahwa pada saat ketersediaan air dibuat kontinu, intensitas tanam yang didapat 300%.

Untuk sketsa pola tata tanam hasil optimasi menggunakan debit kontinu dapat dilihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Skema pola Tata Tanam Debit Kontinu

Sumber: Hasil Perhitungan



*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

Tabel 4.22 Optimasi Hasil Ekstensifikasi 1

		<b>OPTIMASI POLA TANAM</b>											
		Luas Lahan (Ha) = 8900					INTENSITAS TANAM (%) = 300						
		Luas Tanam MAX (Ha) = 26700											
		KEBUTUHAN AIR UNTUK TANAMAN PADI DAN POLOWIJO (LTR/DT/HA)											
Luas Tanam (Ha)		Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
X 1	3507.43 nov	1.43	0.22	0.32	0.00								
X 2	2610.05 des		1.49	0.29	0.30	0.18							
X 3	862.66 jan			1.73	0.43	0.46	0.00						
X 4	1919.86 feb				1.54	0.22	0.00	0.42					
X 5	3507.43 mar					1.46	0.19	0.67	0.56				
X 6	2589.95 apr						1.30	0.63	0.86	0.61			
X 7	40.13 may							1.93	0.83	0.88	0.61		
X 8	158.07 jun								2.11	0.85	0.89	0.61	
X 9	112.74 jul									2.14	0.87	0.87	0.55
X 10	2610.05 aug	0.20									2.15	0.83	0.81
X 11	1182.74 sep	0.34	0.04									2.13	0.78
X 12	1599.79 oct	0.28	0.24	0.09									2.07
P 1	756.48 mei							0.06	0.18	0.19			
P 2	1847.95 jun								0.06	0.15	0.10		
P 3	3394.69 juli									0.08	0.10	0.45	

	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	BULAN
8900	8900	8579.9218	8900	8900	8879.895042	8813.846238	8900	8900	8163.629371	7458.286835	8900	Luas Total	8900
8900.00	8900	8579.9218	8900	8900	8879.895042	8057.370651	6295.579321	2900.891498	2920.996456	4063.599012	5505.312177	Luas Tanam Padi	
0	0	0	0	0	0	756.4755874	2604.420679	5999.108502	5242.632914	3394.687823	3394.69	Luas Tanam Palawija	
6404.397906	5088.800219	3508.3654	4104.500133	6404.397906	4019.542747	4899.52904	4804.577172	2687.222915	6404.397906	6404.397906	6404.397906	Q optimasi	
6404.397906	6404.397906	6404.3979	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	Q eksploitasi	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Faktor Pemberian	
6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	Q Andalan	
30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	Jumlah Hari dalam se-Bulan	
16600.19937	13629.84251	9396.8058	9929.606722	17153.53935	10418.6548	13122.89858	12453.46403	7197.457856	17153.53935	16600.19937	17153.53935	Outflow (lt/dt)	
16600.19937	30230.04188	39626.848	49556.45442	66709.99377	77128.64857	90251.54716	102705.0112	109902.469	127056.0084	143656.2078	160809.7471	Kumulatif Outflow	
16600.19937	17153.53935	17153.539	15493.51941	17153.53935	16600.19937	17153.53935	16600.19937	17153.53935	17153.53935	16600.19937	17153.53935	Inflow (lt/dt)	
16600.19937	33753.73872	50907.278	66400.79749	83554.33684	100154.5362	117308.0756	133908.2749	151061.8143	168215.3536	184815.553	201969.0924	Kumulatif Inflow	
200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	Kebutuhan Air Bersih	
16399.99937	16953.33935	16953.339	15293.31941	16953.33935	16399.99937	16953.33935	16399.99937	16953.33935	16953.33935	16399.99937	16953.33935	Inflow Setelah Air Bersih	
16399.99937	33353.33872	50306.678	65599.99749	82553.33684	98953.33621	115906.6756	132306.6749	149260.0143	166213.3536	182613.353	199566.6924	Kumulatif Inflow Setelah Air Bersih	

Tabel 4.23 Optimasi Hasil Ekstensifikasi 2

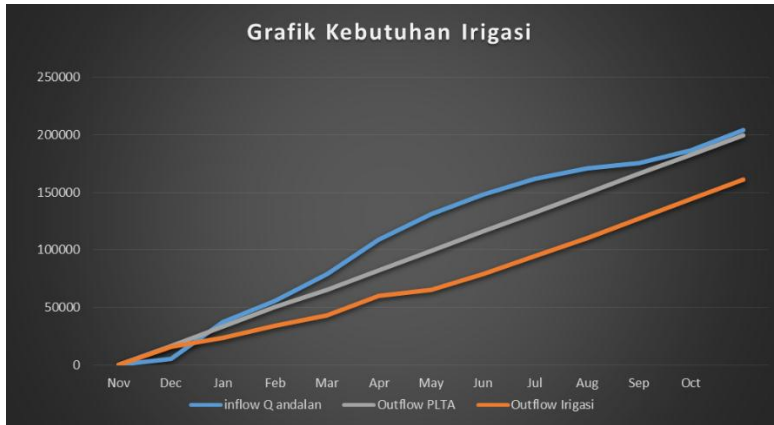
<b>OPTIMASI POLA TANAM</b>												
Luas Lahan (Ha) = 10000			INTENSITAS TANAM (%) = 289.817342									
Luas Tanam MAX (Ha) = 28981.7342			KEBUTUHAN AIR UNTUK TANAMAN PADI DAN POLOWIJO (LTR/DT/HA)									
Luas Tanam (Ha)	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct
X 1 3489.66 nov	1.43	0.22	0.32	0.00								
X 2 3496.80 des		1.49	0.29	0.30	0.18							
X 3 116.89 jan			1.73	0.43	0.46	0.00						
X 4 2896.65 feb				1.54	0.22	0.00	0.42					
X 5 3489.66 mar					1.46	0.19	0.67	0.56				
X 6 3002.94 apr						1.30	0.63	0.86	0.61			
X 7 0.00 may							1.93	0.83	0.88	0.61		
X 8 0.00 jun								2.11	0.85	0.89	0.61	
X 9 0.00 jul									2.14	0.87	0.87	0.55
X 10 2679.49 aug	0.20									2.15	0.83	0.81
X 11 1226.62 sep	0.34	0.04									2.13	0.78
X 12 1585.97 oct	0.28	0.24	0.09									2.07
P 1 610.75 mei							0.06	0.18	0.19			
P 2 2896.65 jun								0.06	0.15	0.10		
P 3 3489.66 juli									0.08	0.10	0.45	
Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	BULAN
8981.734184	9799.04533	8689.3186	10000	10000	9506.138127	10000	10000	10000	9065.796563	7395.768084	8981.734184	Luas Total
8981.73	9799.04533	8689.3186	10000	10000	9506.138127	9389.245836	6492.598374	3002.935921	2679.486649	3906.105631	5492.071732	Luas Tanam Padi
0	0	0	0	0	0	610.7541639	3507.401626	6997.064079	6386.309915	3489.662453	3489.66	Luas Tanam Palawija
6404.397906	6404.397906	2471.2205	5551.356808	6404.397906	4551.485477	5469.224183	4818.258639	2668.845278	6404.397906	6404.397906	6404.397906	Q optimasi
6404.397906	6404.397906	6404.3979	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	6404.397906	Q eksploitasi
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Faktor Pemberian
6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	6404.40	Q Andalan
30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	Jumlah Hari dalam se-Bulan
16600.19937	17153.53935	6618.9171	13429.84239	17153.53935	11797.45036	14648.77005	12488.92639	7148.235194	17153.53935	16600.19937	17153.53935	Outflow (lt/dt)
16600.19937	33753.73872	40372.656	53802.49817	70956.03752	82753.48787	97402.25793	109891.1843	117039.4195	134192.9589	150793.1582	167946.6976	Kumulatif Outflow
16600.19937	17153.53935	17153.539	15493.51941	17153.53935	16600.19937	17153.53935	16600.19937	17153.53935	17153.53935	16600.19937	17153.53935	Inflow (lt/dt)
16600.19937	33753.73872	50907.278	66400.79749	83554.33684	100154.5362	117308.0756	133908.2749	151061.8143	168215.3536	184815.553	201969.0924	Kumulatif Inflow
200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	200.2	Kebutuhan Air Bersih
16399.99937	16953.33935	16953.339	15293.31941	16953.33935	16399.99937	16953.33935	16399.99937	16953.33935	16953.33935	16399.99937	16953.33935	Inflow Setelah Air Bersih
16399.99937	33353.33872	50306.678	65599.99749	82553.33684	98953.33621	115906.6756	132306.6749	149260.0143	166213.3536	182613.353	199566.6924	Kumulatif Inflow Setelah Air Bersih

### 4.3.3 Ekstensifikasi Irigasi

Dalam merencanakan jaringan lahan irigasi, kontur tanah adalah hal yang perlu diperhatikan. Sungai dan jalan digunakan sebagai pembatas petak sawah. Lahan irigasi yang direncanakan dibagi menjadi 2, yaitu lahan fungsional dan potensial.

Lahan fungsional terdiri dari lahan irigasi tadah hujan dan irigasi non teknis. Sedangkan lahan potensial terdiri dari semak belukar, perkebunan bero, dan tanah ladang.

Dari hasil optimasi Pada tabel 4.19 Dengan optimasi menggunakan debit andalan didapatkan intensitas Tanamannya sebesar 252 % dari luas lahan 7800ha. sedangkan menggunakan Waduk dengan menggunakan debit kontinu sebesar  $6,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . didapatkan intensitas tanamnya sebesar 300 % dari luas lahan 7800 ha, tetapi dengan adanya waduk menambah tampungan yang lebih besar. Hal ini menyebabkan cadangan air yang lebih besar. Potensi tersebut dapat dimanfaatkan untuk menambah layanan irigasi atau Ekstensifikasi Irigasi. Pada tabel 4.23 dengan menambah luas lahan yang sebelumnya 7800 ha menjadi 8900 ha, didapatkan intensitas tanamnya sebesar 300% dengan menggunakan debit kontinu sebesar  $6,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . pada tabel 4.24 dengan menambah luas lahan yang sebelumnya 7800 ha menjadi 1000 ha, didapatkan intensitas tanamnya sebesar 289% dengan menggunakan debit kontinu sebesar  $6,4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dari tabel 4.23 dan 4.24 merupakan hasil ekstensifikasi lahan irigasi. Dari keduanya didapatkan hasil yang paling optimal yaitu pada optimasi ekstensifikasi pada tabel 4.23 dikarenakan intensitasnya 300% dengan debit kontinu sebesar  $6,4 \text{ m}^3/\text{s}$  luas lahan yang dapat ditanami sebesar 8900 ha dengan penambahan 1100 ha dari kondisi eksisting.



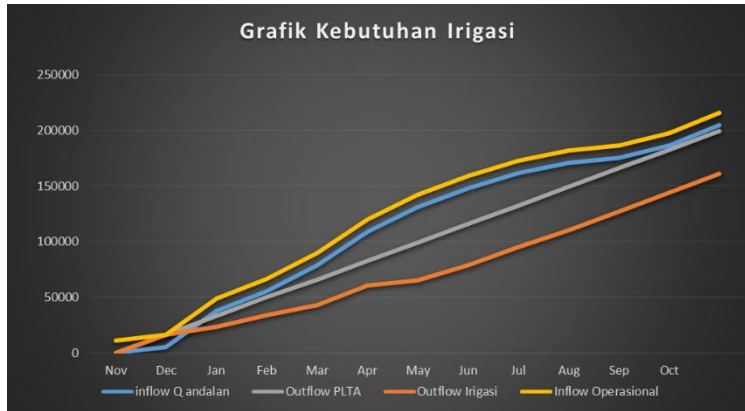
Gambar 4.9 Grafik Kebutuhan Irigasi  
Sumber: Hasil Perhitungan

Dari Gambar 4.9 dapat diketahui volume tampungan Berikut penjelasan grafik kebutuhan irigasi. Dapat diketahui bahwa:

Definit positif	= 43.29 jt m <sup>3</sup>
Definit negatifnya	= -11.07 jt m <sup>3</sup>
Tampungan efektif	= 43.29 jt m <sup>3</sup>
Tampungan mati	= 9.96 jt m <sup>3</sup>
Total tampungan yang dibutuhkan	= 53.24 jt m <sup>3</sup>
Sesuai desain konsultan :	
Tampungan efektif	= 33.453 jt m <sup>3</sup>
Tampungan mati	= 9.661 jt m <sup>3</sup>
Total tampungan sesuai desain waduk	= 43.14 jt m <sup>3</sup>

#### 4.3.4 Operasional Waduk

Dari pemilihan perhitungan optimasi dengan debit direkayasa konstan sepanjang tahun dapat diketahui operasional dari Waduk Bendo Ponorogo tiap bulan selama satu tahun.



Gambar 4.10 Kebutuhan Air Irigasi

Sumber:Hasil Perhitungan

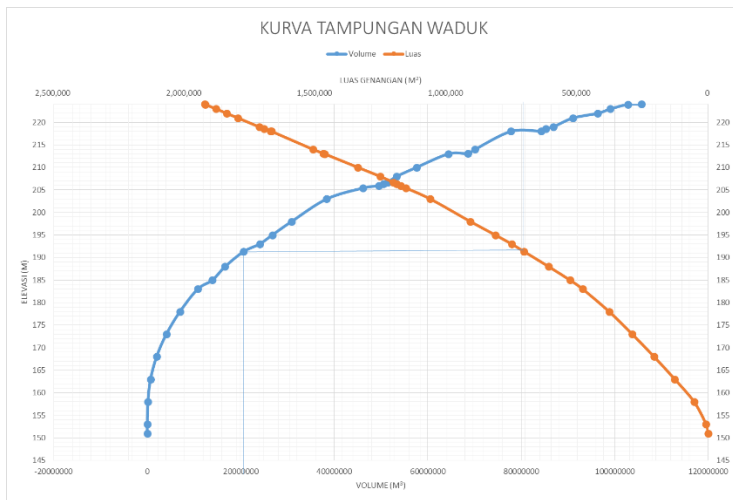
Grafik 4.10 menggambarkan tampungan dari waduk bendo setelah optimasi dengan debit kontinu, dapat dilihat bahwa setiap bulan ada volume yang harus ditampung, dan pada bulan Nopember harus ada tambahan air 11.07 juta m<sup>3</sup> agar terpenuhi pada bulan Tersebut. maka dari itu diperlukan untuk melihat kurva tampungan agar diketahui elevasi dan luas genangannya.

Tabel 4.24 Operasional Waduk Berdasarkan Debit Rekeyasa Irigasi Kontinu

Operasional	Volume		Volume Total (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Elevasi (m)	Luas Genangan (m <sup>2</sup> )	Luas Genangan (ha)
	Volume 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	Dead Storage 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>				
Nopember	1.80	9.66	11.46	191.34	703,701.26	703.70
Desember	15.40	9.66	25.06	205.94	1,174,025.46	1174.03
Januari	16.25	9.66	25.92	206.68	1,202,488.80	1202.49
Februari	24.74	9.66	34.40	206.35	1,189,911.97	1189.91
Maret	37.58	9.66	47.24	220.94	1,795,512.39	1795.51
April	43.18	9.66	52.84	223.98	1,921,558.19	1921.56
Mei	43.30	9.66	52.96	224.04	1,923,655.11	1923.66
Juni	40.32	9.66	49.98	222.96	1,879,352.45	1879.35
Juli	32.53	9.66	42.19	218.05	1,670,784.14	1670.78
Agustus	20.52	9.66	30.18	210.01	1,338,156.04	1338.16
September	14.79	9.66	24.45	205.41	1,153,836.34	1153.84
Oktober	15.88	9.66	25.54	206.35	1,189,911.97	1189.91

Sumber:Hasil Perhitungan

Tabel 4.23 menunjukkan operasional Waduk Bendo selama satu tahun, operasional ini digunakan untuk mengetahui tampungan, elevasi, dan luas genangan selama operasional Waduk Bendo. Tabel diatas dapat dihitung menggunakan kurva tampungan, dimana volume ditambah dengan dead storage sama dengan volume total, dari volume total dapat dilihat elevasi dan luas genangannya. Contoh perhitungan:



Gambar 4.11 Kurva Tampungan Waduk  
Sumber:Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan tabel 4.23 adalah sebagai berikut:

Contoh pada bulan Nopember

$$\text{Volume} = 1.80 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$\text{Dead Storage} = 9.66 \cdot 10^6 \text{ m}^3$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total} &= \text{volume} + \text{dead storage} \\ &= 1.80 \cdot 10^6 \text{ m}^3 + 9.66 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \\ &= 11.46 \cdot 10^6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari volume total ditarik garis pada grafik 4.11 dapat diketahui elevasi dan luas genangan. Volume total  $11.46 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

menghasilkan elevasi +191.34 dan luas genangan 703,701.26 m<sup>2</sup>. Dan seterusnya sampai 12 bulan. Didapatlah oprasional waduk bendo selama 1 tahun.

## 4.4 Analisa Daya

### 4.4.1 Tinggi Jatuh Efektif ( $H_{\text{eff}}$ )

Tinggi jatuh efektif didapatkan dari selisih antara elevasi dari permukaan air di *upstream* dan di *downstream*.

Elevasi Muka air = +218,6 m

Elevasi Turbin Rencana = +150 m

Head Gross = Elevasi Muka air - Elevasi Turbin Rencana  
 = +218,6 m - 150 m = 68,6 m

a. Kehilangan akibat saringan jeruji (*Trashrack*)

$$h_r = f_r \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

$h_r$  = kehilangan tinggi akibat saringan

$f_r$  = koefisien kehilangan akibat saringan

$V$  = kecepatan aliran masuk rata-rata

$G$  = percepatan gravitasi

$$f_r = B \sin \theta (t/b)^{4/3}$$

Dimana :

$B$  = faktor bentuk jeruji

$\theta$  = sudut inklinasi jeruji terhadap as bangunan penyadap

$Fr$  = koefisien kehilangan akibat saringan

$T$  = tebal jeruji

$B$  = jarak bersih antar jeruji

$$Fr = 2.34 \sin 90^\circ (1/5)^{4/3}$$

$$= 0.247$$

$V = Q/A$



$$= 6,404/(5,7 \times 5,7) = 0,197 \text{ m/det}$$

$$h_r = 0,197 \frac{0,614^2}{2 \times 9,81} = 0,00378 \text{ m}$$

b. Kehilangan pada bagian pemasukan

$$h_e = f_e \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

He = kehilangan tinggi pada entrance

Fe = koefisien bentuk entrance = 0.2

V = kecepatan aliran

G = percepatan gravitasi

V = Q/A

$$= 6,404/(2 \times 2) = 1,60 \text{ m/det}$$

$$h_e = 0,2 \frac{1,60^2}{2 \times 9,81} = 0,026 \text{ m}$$

c. Kehilangan akibat gesekan pada bagian miring

$$hf = \frac{124,5}{R^{4/3}} \frac{n^2 L}{2g} \frac{V^2}{2g}$$

V = Q/A

$$= 6,404/(2 \times 2) = 1,60 \text{ m/det}$$

$$hf = \frac{124,5}{0,5^{4/3}} \frac{0,014^2 \times 21,26}{19,62} \frac{1,60^2}{19,62}$$

$$= 0,170 \text{ m}$$

D. Kehilangan akibat belokan

$$h_b = f_b \frac{V^2}{2g}$$

Dimana :

Hb = kehilangan tinggi akibat belokan

fb<sub>1</sub> = koefisien yang dipengaruhi oleh radius dan diameter

fb<sub>2</sub> = koefisien yang dipengaruhi sudut belokan

$$fb_1 = 0.131 + 0.1632 \left( \frac{2^{7/2}}{1} \right)$$

$$= 0.432$$

$$fb_2 = \left( \frac{90}{90} \right)^{0.5} = 1$$

$$hb = 0.432 \frac{2.23^2}{19.62} = 0.108 \text{ m}$$

E. Kehilangan akibat kekasaran pipa

$$H_g = f \frac{L v^2}{D 2g}$$

Dimana :

f = faktor gesekan darcy

L = Panjang Pipa (218 meter)

D = diameter dalam pipa (1,2 meter)

g = gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

v = Kecepatan air (5,56 m/detik)

kecepatan air didapat dari persamaan

$$Q = v.A$$

Dimana:

Q = debit air (6,404 m<sup>3</sup>/detik)

A = luas pipa (πr<sup>2</sup>)

$$= \pi \times 0,6^2$$

$$= 1,13 \text{ meter}$$

Maka

$$Q = v \cdot A$$

$$6,404 = v \times 1,13$$

$$v = 5,56 \text{ m/detik}$$

dimana untuk factor gesekan *darcy* dapat dihitung dengan rumus

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \text{Log} \left( \frac{Re \sqrt{f}}{2,51} \right)$$

$$Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

Dengan :

Re = Bilangan Reynold

v = Kecepatan Air (5,56 m/detik)

d = diameter dalam pipa (1,2 meter)

$\rho$  = berat jenis air (1000kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$  = viskositas absolut fluida dinamis (10<sup>-3</sup> Ns/m<sup>2</sup> untuk air)

Maka dapat dihitung untuk bilangan Reynold yaitu

$$Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

$$Re = \frac{5,56 \times 1,2 \times 1000}{10^{-3}}$$

$$Re = 6792121,2$$

Kemudian didapat persamaan untuk menghitung faktor gesekan *darcy* yaitu

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \text{Log} \left( \frac{Re \sqrt{f}}{2,51} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \text{Log} \left( \frac{6792121,2 \sqrt{f}}{2,51} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \text{Log} (2706024,382 \sqrt{f})$$

Dari persamaan tersebut dilakukan iterasi atau metode uji coba kecocokan. Metode ini dilakukan dengan cara memasukkan nilai  $f$  di kedua sisi sampai didapatkan nilai  $f$  yang sama. Dari uji iterasi tersebut didapatkan nilai  $f$  yaitu sebesar  $f = 0,0085767$ . Maka dari nilai koefisien darcy ( $f$ ) yang sudah didapat dari perhitungan sebelumnya dapat dihitung pula *headloss* kekasaran pipa yaitu

$$H_g = f \frac{L v^2}{D 2g}$$

$$H_g = 0,0085767 \frac{218}{1,2} \frac{5,56^2}{2 \times 9,81}$$

$$H_g = 2,373 \text{ meter}$$

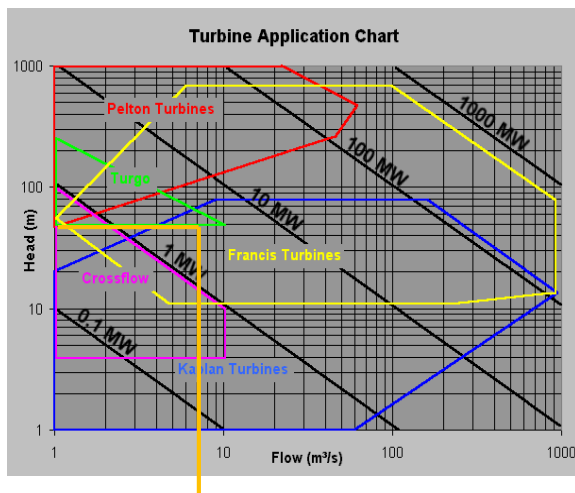
Sub total kehilangan (*Head Loss*)=  $H_r + H_e + H_f + H_b + H_g$

$$= 0,00378 + 0,026 + 0,017 + 0,108 + 2,373$$

$$= 2,68$$

$$\begin{aligned} \text{Head Efektif } (H_{\text{eff}}) &= \text{Head Gross} - \text{Head Loss} \\ &= 68,6 \text{ m} - 2,68 \text{ m} = 65,919 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 4.4.2 Pemilihan Jenis Turbin



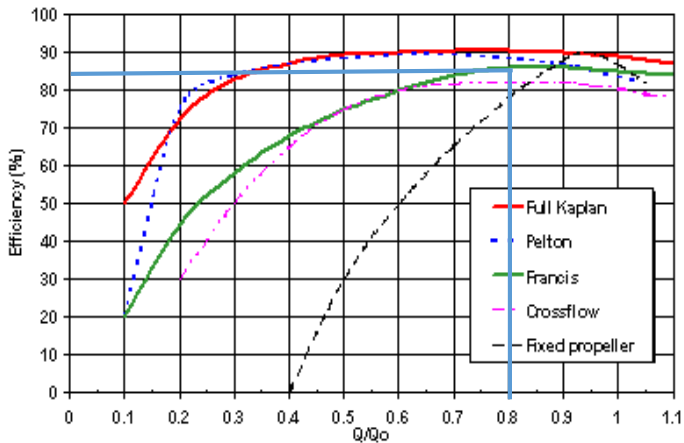
Gambar 4.12 Klasifikasi turbin

Sumber: *British Hydro Association*

Dari gambar 4.12 diatas didapatkan Turbin dengan Tipe Francis dengan jumlah 1 buah.

#### 4.4.3 Efisiensi Turbin

Effisiensi turbin sangat tergantung pengaruh dari debit aktual dalam turbin dengan debit desain turbin ( $Q/Q_d$ ), effisiensi turbin ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4.13 Grafik Efisiensi Turbin

Sumber: *British Hydro Association*

Dari Gambar 4.13 dengan tipe Turbin francis dan  $Q/Q_d$  0,8 didapatkan Efisiensi turbin 83%.

#### 4.4.4 Pembangkitan Energi

Dengan debit pengambilan sebesar  $6,404 \text{ m}^3/\text{s}$  dan elevasi muka air pada  $+218,6$  dimana rumah pembangkit berada di elevasi  $+150$ , dapat dihitung besar tenaga potensial pembangkitan dengan rumus.

$$P = \rho \times g \times h \times Q \times \eta_t \times \eta_g$$

Dimana:

$$\rho = \text{Berat jenis air (1000kg/m}^3\text{)}$$

- $g$  = Gravitasi ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )  
 $h$  = Tinggi head  
 $Q$  = Debit pembangkitan PLTA  
 $\eta_g$  = Efisiensi Generator  
 $\eta_t$  = Efisiensi Turbin

Maka:

$$P = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 65,919 \text{ m} \times 6,404 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,83 \times 0,85$$

$$P = 2687,922 \text{ KW/s}$$

$$P = 2,4728 \text{ MW/s}$$

## 4.5 Perencanaan Bangunan

### 4.5.1 Penstock

Dengan rumus mencari diameter penstock yaitu :

$$D = 2,69 \left( \frac{n^2 QL}{H} \right)^{0,1875}$$

Dimana :

- $D$  = Diameter penstock (m)  
 $n$  = koefisien manning pipa  
 $Q$  = Debit masuk ( $\text{m}^3/\text{detik}$ )  
 $L$  = Panjang rencana penstock(m)  
 $H$  = Tinggi Jatuh efektif (m)

Maka

$$D = 2,69 \left( \frac{0.017^2 \times 6,404 \times 218}{68,6} \right)^{0,1875}$$

$$D = 1,026905 \text{ meter}$$

$$D = 1,2 \text{ meter}$$

Maka didapat diameter pipa minimal yaitu sebesar 1,026905 meter. Karena pada rencana pada proyek Bendungan Bendo menyatakan untuk pipa intake memiliki ukuran 1,2 meter, maka

saya merencanakan untuk diameter *headrace* juga mengikuti pipa *intake*.

$$\text{Luas Pipa } (A) = \frac{1}{4}\pi D^2$$

$$A = \frac{1}{4}\pi \times 1,2^2$$

$$A = 1,13 \text{ m}^2$$

Selanjutnya menghitung Kecepatan (V).

$$\text{Kecepatan } (v) = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{6,404 \text{ m}^3/\text{s}}{1,13 \text{ m}}$$

$$v = 5,66 \text{ m/s}$$

dan dengan rumus mencari tebal pipa penstock yaitu

$$t_0 = \frac{P_p \cdot d_p}{2 \cdot \theta \cdot \eta} + \delta_t$$

Dimana :

$t_0$  = tebal minimum pipa (cm)  $P_p$  = Desain tekanan air  
(1,1 x tekanan hidrostatik) ( $\rho \cdot g \cdot h$ )

$d_p$  = Diameter Penstock (cm)

$\theta$  = tegangan ijin bahan ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ), untuk *steel plate*  
 $s890ql = 9765,08 \text{ kg}/\text{cm}^2$

$\eta$  = efisiensi pengelasan (0,85 – 0,90)

$\delta_t$  = factor korosi (0.15 cm)

Maka :

$$t_0 = \frac{(1,1 \times 9,81 \times 68,6 \times 1,1) \times 102,96}{2 \times 9765,08 \times 0,9} + 0,15$$

$$t_0 = 4,474 \text{ cm}$$

$$t_0 = 5 \text{ cm}$$

#### 4.5.2 Surge Tank

Data perencanaan yang dibutuhkan

- |    |                                  |                         |
|----|----------------------------------|-------------------------|
| 1. | Head gross (H)                   | : 68,6m                 |
| 2. | Panjang HeadRace ( $L_K$ )       | : 200 m                 |
| 3. | Panjang Penstok ( $L_p$ )        | : 18 m                  |
| 4. | Panjang Total ( $L_{tot}$ )      | : 218 m                 |
| 5. | Kecepatan aliran (v)             | : 5,66 m/s              |
| 6. | Diameter Head Race ( $D_{div}$ ) | : 1,2 m                 |
| 7. | Luas Headrace ( $F_{dif}$ )      | : 1,13 m                |
| 8. | Percepatan Gravitasi (g)         | : 9,81 m/s <sup>2</sup> |
| 9. | Waktu Penutupan ( $T_e$ )        | : 5 detik               |

Dengan data yang sudah ada, selanjutnya adalah pemeriksaan apakah PLTA ini membutuhkan *surgetank* atau tidak.

- Kriteria 1

Jika

$$\frac{L}{H} > 5$$

maka saluran pipa memerlukan instalasi surgetank.

Cek kriteria 1 :

$$\begin{aligned} \frac{L}{H} &> 5 \\ \frac{218}{68,6} &> 5 \\ 3,177 &> 5 \end{aligned}$$

Kriteria 1 menunjukkan bahwa PLTA Tidak memerlukan pemasangan surgetank

- Kriteria 2

Jika



$$L_{\max} > \frac{3.14 \times H \times T_e}{v}$$

Maka saluran pipa memerlukan instalasi Surgetank  
Cek kriteria 2 :

$$L_{\max} > \frac{3.14 \times H \times T_e}{v}$$

$$218 > \frac{3.14 \times 68,6 \times 5}{5,66}$$

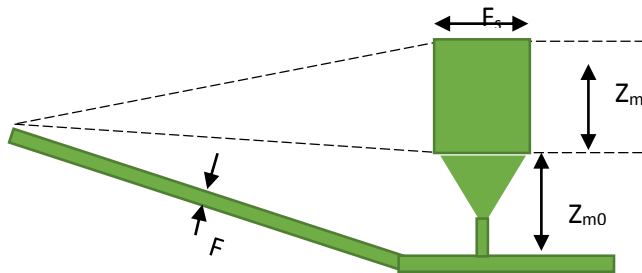
$$218 > 190,379$$

Kriteria 2 menunjukkan bahwa PLTA memerlukan pemasangan surgetank

Dari kedua kriteria tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa PLTA memerlukan Surgetank.

Sketsa perencanaan Surge tank pad Gambar 4.14.

a. Perencanaan Surgetank



Gambar 4.14 Sketsa perencanaan *Surge tank*

Berdasarkan buku *Hydroelectric stations*, I. Ilynykh halaman 143 -146, terdapat beberapa indikator-indikator yang mengindikasikan dimensi dimensi *surgetank* diantaranya yaitu  $F_s$  adalah diameter atas Surgetank,  $Z_m$  adalah kenaikan elevasi muka air pada saat terjadi penutupan aliran dari max menjadi 0,  $H_f$  adalah head yang hilang akibat gaya gesek dalam saluran pipa, dan  $Z_{m0}$  adalah posisi air ketika tidak ada loncatan air yang

diakibatkan oleh *water hammer* dalam pipa.  $Z_m$  dan  $Z_{m0}$  dapat dihitung dengan rumus

$$Z_m = Z_{m0} - 0.681 \times H_f + 0.154 \times \frac{H_f}{Z_{m0}}$$

$$Z_{m0} = v \times \left( \frac{L \times F_{diff}}{g \times F_s} \right)^{0.5}$$

Dimana

- $Z_m$  = Kenaikan elevasi muka air pada saat terjadi Penutupan aliran (m)  
 $Z_{m0}$  = Energi Potensial (m)  
 $H_f$  = *Headloss* atau head yang hilang akibat gesekan dalam pipa 5,04 m)  
 $v$  = Kecepatan air dalam pipa (5,66m/s)  
 $L$  = Panjang *Headrace* (200 m)  
 $F_{diff}$  = Diameter Pipa (1,2 m)  
 $g$  = percepatan gravitasi (9,81 m/s<sup>2</sup>)  
 $F_s$  = Diameter atas surge tank (direncanakan 2 m)

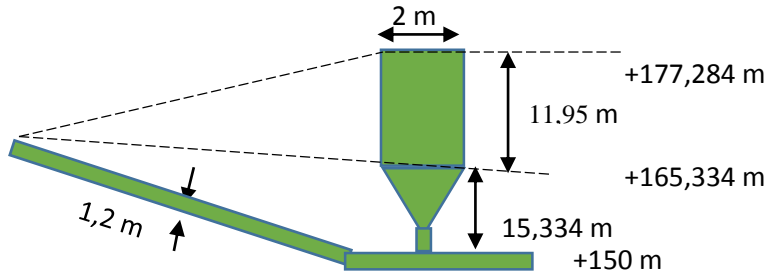
maka

$$Z_{m0} = 5,66 \times \left( \frac{200 \times 1,2}{9,81 \times 2} \right)^{0.5}$$

$$Z_{m0} = 15,334m$$

$$Z_m = 15,334 - 0.681 \times 5,04 + 0.154 \times \frac{5,04}{15,334}$$

$$Z_m = 11,95m$$



Gambar 4.15 Sketsa hasil perencanaan *surge tank*

#### 4.5.3 Power House

Gedung sentral yang merupakan titik pusat pembangkitan direncanakan memiliki beberapa fasilitas yang vital, antara lain :

- Ruang turbin dan generator,
- Ruang control
- Ruang perawatan
- Crane/derek pengangkat
- Ruang peralatan

Ruang generator berada pada elevasi +150.00 m dimaksudkan untuk menyelaraskan dengan kebutuhan elevasi titik pusat turbin dan penstock. Elevasi ruang turbin berada 1.00 m di bawah elevasi ruang *control* dan ruang lainnya juga membedakan aktivitas pekerjaan mekanikal dan elektrik (ruang *control*), sehingga kebersihan ruang *control* dan ruang lainnya lebih terlindungi dari oli maupun aktivitas perbaikan turbin pada saat *overhaul* dan lain sebagainya.

Ruang turbin dilapisi dengan keramik yang tahan slip juga dimaksudkan untuk memberikan fungsi kebersihan ruangan. Dalam ruang turbin juga dilengkapi dengan system penerangan yang ditempatkan pada dinding di kedua sisi dan *system* pemadam kebakaran yang siap terjangkau setiap saat. *System* penerangan yang sangat diperlukan pada saat diperlukan perbaikan pada malam hari.

Ruang *control* berada pada elevasi +149.00 m, dengan dilengkapi jendela lebar untuk memberikan kemudahan dalam

aktivitas pengontrolan generator terutama apabila diperlukan *system* pengontrolan manual. Untuk mengurangi kebisingan maka ruang control direncanakan dengan plafon yang kedap suara dan ruangan sedikit tertutup, untuk menstabilkan suhu dalam ruangan, maka dalam ruang *control* juga dilengkapi dengan *exhaust fan*.

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil Tugas akhir ini, dapat disimpulkan beberapa hal mengenai rencana PLTA pada Waduk Bendo Ponorogo adalah sebagai berikut :

1. Kebutuhan air baku Setelah dilakukan perhitungan adalah 200,02 lt/dt untuk Kecamatan Ngindeng.
2. Terhadap 2 opsi dihasilkan opsi pertama optimasi menggunakan debit andalan didapatkan intensitas tanam sebesar 250,00% akan tetapi daya untuk pembangkitan yang fluktuatif yang dapat mempengaruhi listrik yang dihasilkan, opsi kedua yaitu optimasi dengan debit kontinu 6,404 m<sup>3</sup>/s dimana intensitas tanam yang didapat hanya 300%, dan debit yang digunakan untuk pembangkitan yang terus menerus sama setiap bulannya. Dari kedua opsi diatas maka Optimasi yang disarankan adalah opsi kedua.
3. Klasifikasi turbin berdasarkan tinggi jatuh efektif 65,919 m maka PLTA menggunakan Turbin Francis berjumlah satu.
4. Dengan dipilihnya opsi kedua maka energi PLTA yang dihasilkan adalah sebesar 2,47288 Mwatt/s .
5. Dimensi :
  - Pipa pesat menggunakan pipa baja dengan diameter 1,2 m dan tebal pipa 5cm.
  - Surge tank menggunakan pipa baja dengan diameter 2 m, dengan tinggi 15,334 m

Kehilangan energi yang terjadi :

- |                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| • Akibat trashrack              | = 0,00378m |
| • Akibat masukan                | = 0,026 m  |
| • Akibat gesekan sepanjang pipa | = 2,373 m  |
| • Akibat kemiringan             | = 0,017m   |
| • Akibat belokan pipa           | = 0,108 m  |
| • Total                         | = 2,680 m  |

## **5.2 Saran**

Berdasarkan kesimpulan tugas akhir, maka penulis merekomendasikan berupa saran – saran sebagai berikut :

1. Perlu direncanakan ekstensifikasi jaringan irigasi dengan tambahan 1100 ha.
2. Melakukan tinjauan terhadap teknologi yang sedang berkembang dalam bidang pembangkitan energi.
3. Perlu dilakukan analisis lebih lanjut tentang kesetabilan pada komponen bangunan pembangkit PLTA apabila PLTA akan dibangun.
4. Perlu Melakukan Studi Kelayakan mengenai Pembangunan PLTA di waduk

## Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik Ponorogo. 2007-2017. Ponorogo Dalam Angka. Pacitan: Badan Pusat Statistik Ponorogo.
- Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Jawa timur, 2007-2017. Data Hujan Stasiun Sawoo. Ponorogo: Dinas Pekerjaan Umum Ponorogo.
- Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Ponorogo, 2015-2017. Data Klimatologi Stasiun Lanud iswahyudi. madiun: Dinas Pekerjaan Umum Ponorogo.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya. 2007. Buku Panduan Pengembangan Air Minum. Jakarta: Ditjen Cipta Karya.
- Direktorat Jendral Pengairan. 1986. Standart Perencanaan Irigasi (KP-01). Bandung: Departement Pekerjaan Umum CV. Galang Persada.
- Hadisusanto, Nugroho. 2010. Aplikasi Hidrologi. Malang: Jogja Mediautama.
- Harto, Sri. 1993. Analisis Hidrologi. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Pruitt, W.O. dan Doorenbos, J. 1977. Guidelines For Predicting Crop Water Requirements. Rome: Food and Agriculture Organization.
- PT. Indra karya. 2012. Laporan Akhir Waduk Bendo Ponorogo. Malang: PT. Indra Karya
- Triatmodjo, Bambang. 2008. Hidrologi Terapan. Yogyakarta: Beta Offset Yogyakarta.
- Wiyono, Agung. 2000. Catatan Kuliah Pengembangan Sumber Daya Air. Bandung: Departemen Teknik Sipil ITB.
- Sosrodarsono, Suyono dan Takeda, Kensaku.1981."Bedungan Tipe Urugan", PT.Pradnya Paramita, Jakarta.
- Yanuar agung, mar'atu Rifatil. 2017. Tugas Akhir RENCANA OPERASI PLTM PADA WADUK TUKUL PACITAN DENGAN MEMPERTIMBANGKAN KEBUTUHAN AIR OPTIMUM UNTUK IRIGASI DAN AIR BAKU TAHUN 2042. Surabaya: Teknik Infrastruktur Sipil ITS.



*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## **Biodata Penulis**



Penulis memiliki nama Jovin Ilham Harianto dilahirkan Surabaya pada 27 Juli 1996, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dewi Masythoh Gondanglegi, Malang, SDN Kandangan I, Surabaya, MTSN III, Surabaya, SMAN 11, Surabaya. Setelah Lulus dari SMAN 11 Surabaya tahun 2014, penulis mengikuti ujian smits ITS D3 dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil dan lulus tahun 2017, penulis mengikuti ujian masuk lintas Jalur diploma IV ITS dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2018 dan terdaftar dengan NRP 10111815000016. Di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Air. Penulis aktif mengikuti organisasi di lingkup departemen Teknik Infrastruktur Sipil menjadi Staff Internal Affairs Departement HMDS dan juga Staff kaderisasi JMAA dan terakhir menjadi Kepala Departement Internal Affairs Departement HMDS. Penulis pernah aktif dalam berbagai kepanitaan yang ada selama menjadi mahasiswa di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan*

## **LAMPIRAN**

## LAMPIRAN A

### TABEL PENDUKUNG PERHITUNGAN

Tabel A 1 Hubungan Tekanan uap jenuh (ea) dalam mbar dan suhu rata-rata dalam °C

Temperature °C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ea mbar	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1	8.7	9.3	10.0	10.7	11.5	12.3	13.1	14.0	15.0	16.1	17.0	18.2	19.4	20.6	22.0
Temperature °C	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
ea mbar	23.4	24.9	26.4	28.1	29.8	31.7	33.6	35.7	37.8	40.1	42.4	44.9	47.6	50.3	53.2	56.2	59.4	62.8	66.3	69.9

Sumber : *Engineering Hidrology*

Tabel A.2 Faktor Pembobotan (1-W)

Temperature °C	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
(1-W) at altitude m																				
0	0.57	0.54	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.32	0.29	0.27	0.25	0.23	0.22	0.20	0.19	0.17	0.16	0.15
500	0.56	0.52	0.49	0.46	0.43	0.40	0.38	0.35	0.33	0.30	0.28	0.26	0.24	0.22	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14
1000	0.54	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.20	0.18	0.17	0.15	0.14	0.13
2000	0.51	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12
3000	0.48	0.45	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.19	0.14	0.13	0.12	0.11
4000	0.46	0.42	0.39	0.36	0.34	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.10

Sumber : *Engineering Hidrology*

Tabel A 3 Fungsi Suhu (*effect of temperature on longwave radiation*)

T °C	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
f(t)	11.0	11.4	11.7	12.0	12.4	12.7	13.1	13.5	13.8	14.2	14.6	15.0	15.4	15.9	16.3	16.7	17.2	17.7	18.1

Sumber : *Engineering Hidrology*

Tabel A 4 Fungsi Penyinaran Matahari

nN	0	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.65	0.7	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	1.0
f(nN)=0.1+0.9 nN	0.10	0.15	0.19	0.24	0.28	0.33	0.37	0.42	0.46	0.51	0.55	0.60	0.64	0.69	0.73	0.78	0.82	0.87	0.91	0.96	1.0

Sumber : *Engineering Hidrology*

Tabel A 5 Hubungan radiasi ekstra terestrial (ra) dan koordinat lokasi

Northern Hemisphere												Lat	Southern Hemisphere											
Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec		Jan	Feb	Mar	Apr	May	June	July	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec
3.8	6.1	9.4	12.7	15.8	17.1	16.4	14.1	10.9	7.4	4.5	3.2	50°	17.5	14.7	10.9	7.0	4.2	3.1	3.5	5.5	8.9	12.9	16.5	18.2
4.3	6.6	9.8	13.0	15.9	17.2	16.5	14.3	11.2	7.8	5.0	3.7	48	17.6	14.9	11.2	7.5	4.7	3.5	4.0	6.0	9.3	13.2	16.6	18.2
4.9	7.1	10.2	13.3	16.0	17.2	16.6	14.5	11.5	8.3	5.5	4.3	46	17.7	15.1	11.5	7.9	5.2	4.0	4.4	6.5	9.7	13.4	16.7	18.3
5.3	7.6	10.6	13.7	16.1	17.2	16.6	14.7	11.9	8.7	6.0	4.7	44	17.8	15.3	11.9	8.4	5.7	4.4	4.9	6.9	10.2	13.7	16.7	18.3
5.9	8.1	11.0	14.0	16.2	17.3	16.7	15.0	12.2	9.1	6.5	5.2	42	17.8	15.5	12.2	8.8	6.1	4.9	5.4	7.4	10.6	14.0	16.8	18.3
6.4	8.6	11.4	14.3	16.4	17.3	16.7	15.2	12.5	9.6	7.0	5.7	40	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3
6.9	9.0	11.8	14.5	16.4	17.2	16.7	15.3	12.8	10.0	7.5	6.1	38	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
7.4	9.4	12.1	14.7	16.4	17.2	16.7	15.4	13.1	10.6	8.0	6.6	36	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
7.9	9.8	12.4	14.8	16.5	17.1	16.8	15.5	13.4	10.8	8.5	7.2	34	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
8.3	10.2	12.8	15.0	16.5	17.0	16.8	15.6	13.6	11.2	9.0	7.8	32	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
8.8	10.7	13.1	15.2	16.5	17.0	16.8	15.7	13.9	11.6	9.5	8.3	30	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
9.3	11.1	13.4	15.3	16.5	16.8	16.7	15.7	14.1	12.0	9.9	8.8	28	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
9.8	11.5	13.7	15.3	16.4	16.7	16.6	15.7	14.3	12.3	10.3	9.3	26	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
10.2	11.9	13.9	15.4	16.4	16.6	16.5	15.8	14.5	12.6	10.7	9.7	24	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
10.7	12.3	14.2	15.5	16.3	16.4	16.4	15.8	14.6	13.0	11.1	10.2	22	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.5
11.2	12.7	14.4	15.6	16.3	16.4	16.3	15.9	14.8	13.3	11.6	10.7	20	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
11.6	13.0	14.6	15.6	16.1	16.1	16.1	15.8	14.9	13.6	12.0	11.1	18	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
12.0	13.3	14.7	15.6	16.0	15.9	15.7	15.0	13.9	12.4	11.6	11.6	16	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
12.4	13.6	14.9	15.7	15.8	15.7	15.7	15.1	14.1	13.8	12.0	12.0	14	16.7	16.3	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
12.8	13.9	15.1	15.7	15.7	15.5	15.5	15.6	15.2	14.4	13.3	12.5	12	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
13.2	14.2	15.3	15.7	15.5	15.3	15.3	15.5	15.3	14.7	13.6	12.9	10	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
13.6	14.5	15.3	15.6	15.3	15.0	15.1	15.4	15.3	14.8	13.9	13.3	8	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
14.0	14.8	15.4	15.4	15.1	14.7	14.9	15.2	15.3	15.0	14.2	13.7	6	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.4
14.3	15.0	15.2	15.5	14.9	14.4	14.6	15.1	15.3	15.0	14.5	14.1	4	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.3	15.7
14.7	15.3	15.6	15.3	14.6	14.2	14.3	14.9	15.3	15.3	14.8	14.4	2	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8	0	15.0	15.5	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8

Sumber : Engineering Hidrology

*“Halaman Ini Sengaja Dikosong*

**LAMPIRAN B**  
**KEBUTUHAN AIR PADA TANAMAN**



*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

***Awal Tanam ( Januari I )***

Bulan	Periode	Et0 (mm/hari)	Re 80% (mm/hari)	Re (mm/hari)	P (mm/hari)	Padi			Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (lt/dt/ha)	Re (mm/hari)	Palawija			Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)		
						WLR (mm/hari)	Koefisien Tanaman						P	Koefisien Tanaman						
							C1	C1	Ĉ					C1	C1	Ĉ				
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2		LP	LP	LP	10.01	8.98	1.60	2.17	2						
	2	1.38	69.00	1.61	2		1.1	LP	LP	10.01	10.40	1.85	2.30	2						
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2	0.83	1.1	1.1	1.1	2.10	0.77	0.14	2.97	2						
	2	1.91	71.00	1.66	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	2.05	4.06	0.72	2.37	2						
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	1.59	3.21	0.57	1.47	2						
	2	1.52	123.00	2.87	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	1.18	1.98	0.35	4.10	2						
April	1	1.03	136.00	6.35	2	1.67	0	0.5	0.25	0.26	0.00	0.00	4.53	2						
	2	1.03	57.00	1.33	2	0.83		0	0	0.00	1.50	0.00	1.90	2						
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2		LP	LP	LP	9.91	10.46	1.86	1.03	2						
	2	1.27	15.00	0.35	2		1.1	LP	LP	9.91	11.56	2.06	0.50	2						
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.75	3.98	0.71	0.43	2						
	2	1.59	0.00	0.00	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	1.71	5.38	0.96	0.00	2						
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	1.45	5.12	0.91	0.00	2						
	2	1.38	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	1.07	4.74	0.84	0.00	2						
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.37	4.04	0.72	0.00	2						
	2	1.48	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2						
September	1	1.31	0.00	0.00	2							0.00	2	0.5	0	0.25	0.33	2.33	0.41	
	2	1.31	0.00	0.00	2							0.00	2	0.5 9	0.5	0.54 5	0.71	2.71	0.48	
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2							0.00	2	0.9 6	0.5 9	0.77 5	1.04	3.04	0.54	
	2	1.34	15.00	0.35	2							0.50	2	1.0 5	0.9 6	1.00 5	1.35	2.85	0.51	
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2							1.33	2	1.0 2	1.0 5	1.03 5	2.03	2.70	0.48	
	2	1.96	148.00	3.45	2							4.93	2	0.9 5	1.0 2	0.98 5	1.93	0.00	0.00	
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2							2.57	2	0	0.9 5	0.47 5	0.79	0.22	0.04	
	2	1.65	87.00	2.03	2							2.90	2	0	0	0	0.00	0.00	0.00	

*Awal Tanam ( Februari I)*

Bulan	Periode	Et0 (mm/hari)	Re 80% (mm/hari)	Re (mm/hari)	P (mm/hari)	Padi				Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)	Palawija			Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)		
						WLR (mm/hari)	Koefisien Tanaman						Re (mm/hari)	P (mm/hari)	Koefisien Tanaman					
							C1	C1	Ĉ						C1				C1	Ĉ
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2							2.17	2	0	0.95	0.475	0.66	0.49	0.09	
	2	1.38	69.00	3.22	2							2.30	2	0	0	0	0.00	0.00	0.00	
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2		LP	LP	LP	10.38	8.22	1.46	2.97	2						
	2	1.91	71.00	3.31	2		1.1	LP	LP	10.38	9.06	1.61	2.37	2						
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.67	2.45	0.44	1.47	2						
	2	1.52	123.00	5.74	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.63	0.00	0.00	4.10	2						
April	1	1.03	136.00	6.35	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.09	0.00	0.00	4.53	2						
	2	1.03	57.00	2.66	2	1.67	0.5	1.05	0.775	0.80	1.81	0.00	1.90	2						
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2	1.67	0	0.5	0.25	0.32	2.54	0.45	1.03	2						
	2	1.27	15.00	0.70	2	0.83		0	0	0.00	2.13	0.38	0.50	2						
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2		LP	LP	LP	9.85	11.25	2.00	0.43	2						
	2	1.59	0.00	0.00	2		1.1	LP	LP	9.85	11.85	2.11	0.00	2						
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.52	4.35	0.77	0.00	2						
	2	1.38	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.48	5.15	0.92	0.00	2						
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.55	5.22	0.93	0.00	2						
	2	1.48	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.15	4.82	0.86	0.00	2						
September	1	1.31	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.33	4.00	0.71	0.00	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2						
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2								0.00	2	0.5	0	0.25	0.33	2.33	0.42
	2	1.34	15.00	0.70	2								0.50	2	0.59	0.5	0.545	0.73	2.23	0.40
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2								1.33	2	0.96	0.59	0.775	1.52	2.19	0.39
	2	1.96	148.00	6.91	2								4.93	2	1.05	0.96	1.005	1.97	0.00	0.00
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2								2.57	2	1.02	1.05	1.035	1.71	1.15	0.20
	2	1.65	87.00	4.06	2								2.90	2	0.95	1.02	0.985	1.63	0.73	0.13

Awal Tanam (Maret 1)

Bulan	Periode	Padi										Palawija								
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2								2.17	2	1.0 2	1.0 5	1.03 5	1.43	1.26	0.22
	2	1.38	69.00	3.22	2								2.30	2	0.9 5	1.0 2	0.98 5	1.36	1.06	0.19
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2								2.97	2	0	0.9 5	0.47 5	0.90	0.00	0.00
	2	1.91	71.00	3.31	2								2.37	2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2		LP	LP	LP	10.10	10.05	1.79	1.47	2						
	2	1.52	123.00	5.74	2		1.1	LP	LP	10.10	6.36	1.13	4.10	2						
April	1	1.03	136.00	6.35	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.14	0.00	0.00	4.53	2						
	2	1.03	57.00	2.66	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	1.11	2.12	0.38	1.90	2						
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	1.33	3.55	0.63	1.03	2						
	2	1.27	15.00	0.70	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	0.98	3.95	0.70	0.50	2						
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2	1.67	0	0.5	0.25	0.40	3.46	0.62	0.43	2						
	2	1.59	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2						
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	9.97	11.97	2.13	0.00	2						
	2	1.38	0.00	0.00	2		1.1	LP	LP	9.97	11.97	2.13	0.00	2						
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.63	4.46	0.79	0.00	2						
	2	1.48	0.00	0.00	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	1.59	5.26	0.94	0.00	2						
September	1	1.31	0.00	0.00	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	1.38	5.05	0.90	0.00	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	1.02	4.69	0.83	0.00	2						
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.33	4.00	0.71	0.00	2						
	2	1.34	15.00	0.70	2	0.83		0	0	0.00	2.13	0.38	0.50	2						
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2								1.33	2	0.5	0	0.25	0.49	1.16	0.21
	2	1.96	148.00	6.91	2								4.93	2	0.5 9	0.5	0.54 5	1.07	0.00	0.00
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2								2.57	2	0.9 6	0.5 9	0.77 5	1.28	0.72	0.13
	2	1.65	87.00	4.06	2								2.90	2	1.0 5	0.9 6	1.00 5	1.66	0.76	0.14

*Awal Tanam (April 1)*

Bulan	Periode	Padi										Palawija								
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2								2.17	2	0.96	0.59	0.775	1.07	0.90	0.16
	2	1.38	69.00	3.22	2								2.30	2	1.05	0.96	1.005	1.39	1.09	0.19
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2								2.97	2	1.02	1.05	1.035	1.97	1.01	0.18
	2	1.91	71.00	3.31	2								2.37	2	0.95	1.02	0.985	1.88	1.51	0.27
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2								1.47	2	0	0.95	0.475	0.72	1.25	0.22
	2	1.52	123.00	5.74	2								4.10	2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
April	1	1.03	136.00	6.35	2		LP	LP	LP	9.78	5.44	0.97	4.53	2						
	2	1.03	57.00	2.66	2		1.1	LP	LP	9.78	9.12	1.62	1.90	2						
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.39	2.78	0.49	1.03	2						
	2	1.27	15.00	0.70	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.36	4.33	0.77	0.50	2						
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.67	4.74	0.84	0.43	2						
	2	1.59	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.24	4.91	0.87	0.00	2						
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.35	4.02	0.71	0.00	2						
	2	1.38	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2						
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	10.28	12.28	2.19	0.00	2						
	2	1.48	0.00	0.00	2		1.1	LP	LP	10.28	12.28	2.19	0.00	2						
September	1	1.31	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.44	4.27	0.76	0.00	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.41	5.08	0.90	0.00	2						
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.41	5.08	0.90	0.00	2						
	2	1.34	15.00	0.70	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.04	4.01	0.71	0.50	2						
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2	1.67	0	0.5	0.25	0.49	2.29	0.41	1.33	2						
	2	1.96	148.00	6.91	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	4.93	2						
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2								2.57	2	0.5	0	0.25	0.41	0.00	0.00
	2	1.65	87.00	4.06	2								2.90	2	0.59	0.5	0.545	0.90	0.00	0.00

*Awal Tanam (Mei 1)*

Bulan	Periode	Et0 (mm/hari)	Re 80% (mm/hari)	Re (mm/hari)	P (mm/hari)	Padi			Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)	Palawija			Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)		
						WLR (mm/hari)	Koefisien Tanaman					Re (mm/hari)	P (mm/hari)	Koefisien Tanaman					
							C1	C1	Ĉ				C1	C1	Ĉ				
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2							2.17	2	0.5	0	0.25	0.34	0.18	0.03
	2	1.38	69.00	3.22	2							2.30	2	0.59	0.5	0.545	0.75	0.45	0.08
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2							2.97	2	0.96	0.59	0.775	1.48	0.51	0.09
	2	1.91	71.00	3.31	2							2.37	2	1.05	0.96	1.005	1.91	1.55	0.28
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2							1.47	2	1.02	1.05	1.035	1.57	2.10	0.37
	2	1.52	123.00	5.74	2							4.10	2	0.95	1.02	0.985	1.49	0.00	0.00
April	1	1.03	136.00	6.35	2							4.53	2	0	0.95	0.475	0.49	0.00	0.00
	2	1.03	57.00	2.66	2							1.90	2	0	0	0	0.00	0.10	0.02
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2		LP	LP	LP	9.94	10.49	1.87	1.03	2					
	2	1.27	15.00	0.70	2		1.1	LP	LP	9.94	11.24	2.00	0.50	2					
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.75	3.98	0.71	0.43	2					
	2	1.59	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.71	5.38	0.96	0.00	2					
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.45	5.12	0.91	0.00	2					
	2	1.38	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.07	4.74	0.84	0.00	2					
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.37	4.04	0.72	0.00	2					
	2	1.48	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2					
September	1	1.31	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	10.51	12.51	2.23	0.00	2					
	2	1.31	0.00	0.00	2		1.1	LP	LP	10.51	12.51	2.23	0.00	2					
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.47	4.30	0.77	0.00	2					
	2	1.34	15.00	0.70	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.44	4.41	0.79	0.50	2					
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2	1.67	1.05	1.05	1.05	2.06	3.86	0.69	1.33	2					
	2	1.96	148.00	6.91	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.52	0.00	0.00	4.93	2					
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2	1.67	0	0.5	0.25	0.41	0.49	0.09	2.57	2					
	2	1.65	87.00	4.06	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	2.90	2					

*Awal Tanam (Juni I)*

Bulan	Periode	Padi										Palawija								
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2	1.67	0	0.5	0.25	0.34	0.98	0.17	2.17	2						
	2	1.38	69.00	3.22	2	0.83	0	0	0.00	0.00	0.00		2.30	2						
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2								2.97	2	0.5	0	0.25	0.48	0.00	0.00
	2	1.91	71.00	3.31	2								2.37	2	0.59	0.5	0.545	1.04	0.67	0.12
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2								1.47	2	0.96	0.59	0.775	1.18	1.71	0.30
	2	1.52	123.00	5.74	2								4.10	2	1.05	0.96	1.005	1.52	0.00	0.00
April	1	1.03	136.00	6.35	2								4.53	2	1.02	1.05	1.035	1.07	0.00	0.00
	2	1.03	57.00	2.66	2								1.90	2	0.95	1.02	0.985	1.02	1.12	0.20
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2								1.03	2	0	0.95	0.475	0.60	1.57	0.28
	2	1.27	15.00	0.70	2								0.50	2	0	0	0	0.00	1.50	0.27
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2		LP	LP	LP	10.15	11.55	2.06	0.43	2						
	2	1.59	0.00	0.00	2		1.1	LP	LP	10.15	12.15	2.16	0.00	2						
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.52	4.35	0.77	0.00	2						
	2	1.38	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.48	5.15	0.92	0.00	2						
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.55	5.22	0.93	0.00	2						
	2	1.48	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.15	4.82	0.86	0.00	2						
September	1	1.31	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.33	4.00	0.71	0.00	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2						
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	10.62	12.62	2.25	0.00	2						
	2	1.34	15.00	0.70	2		1.1	LP	LP	10.62	11.92	2.12	0.50	2						
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2	0.83	1.1	1.1	1.1	2.16	3.12	0.56	1.33	2						
	2	1.96	148.00	6.91	2	1.67	1.05	1.1	1.075	2.11	0.00	0.00	4.93	2						
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.74	1.81	0.32	2.57	2						
	2	1.65	87.00	4.06	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.28	0.89	0.16	2.90	2						

*Awal Tanam (Juli 1)*

Bulan	Periode	Padi										Palawija								
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.45	2.09	0.37	2.17	2						
	2	1.38	69.00	3.22	2	1.67	0.55	1.05	0.775	1.07	1.52	0.27	2.30	2						
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2	1.67	0	0.5	0.25	0.48	0.00	0.00	2.97	2						
	2	1.91	71.00	3.31	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	2.37	2						
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2								1.47	2	0.5	0	0.25	0.38	0.91	0.16
	2	1.52	123.00	5.74	2								4.10	2	0.59	0.5	0.545	0.83	0.00	0.00
April	1	1.03	136.00	6.35	2								4.53	2	0.96	0.59	0.775	0.80	0.00	0.00
	2	1.03	57.00	2.66	2								1.90	2	1.05	0.96	1.005	1.04	1.14	0.20
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2								1.03	2	1.02	1.05	1.035	1.31	2.28	0.41
	2	1.27	15.00	0.70	2								0.50	2	0.95	1.02	0.985	1.25	2.75	0.49
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2								0.43	2	0	0.95	0.475	0.76	2.32	0.41
	2	1.59	0.00	0.00	2								0.00	2	0	0	0	0.00	2.00	0.36
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	10.01	12.01	2.14	0.00	2						
	2	1.38	0.00	0.00	2		1.1	LP	LP	10.01	12.01	2.14	0.00	2						
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.63	4.46	0.79	0.00	2						
	2	1.48	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.59	5.26	0.94	0.00	2						
September	1	1.31	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.38	5.05	0.90	0.00	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2	1.67	0.55	1.05	0.775	1.02	4.69	0.83	0.00	2						
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.33	4.00	0.71	0.00	2						
	2	1.34	15.00	0.70	2	0.83		0	0	0.00	2.13	0.38	0.50	2						
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2		LP	LP	LP	10.34	10.47	1.86	1.33	2						
	2	1.96	148.00	6.91	2		1.1	LP	LP	10.34	5.43	0.97	4.93	2						
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.82	1.06	0.19	2.57	2						
	2	1.65	87.00	4.06	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.78	1.39	0.25	2.90	2						



*Awal Tanam (Agustus 1)*

Bulan	Periode	Et0 (mm/hari)	Re 80% (mm/hari)	Re (mm/hari)	P (mm/hari)	Padi				Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)	Palawija			Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)		
						WLR (mm/hari)	Koefisien Tanaman						Re (mm/hari)	P (mm/hari)	Koefisien Tanaman					
							C1	C1	Ĉ						C1				C1	Ĉ
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.52	1.31	0.23	2.17	2						
	2	1.38	69.00	3.22	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	1.48	1.93	0.34	2.30	2						
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	2.00	1.52	0.27	2.97	2						
	2	1.91	71.00	3.31	2	1.67	0.5 5	1.0 5	0.77 5	1.48	1.83	0.33	2.37	2						
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2	1.67	0	0.5	0.25	0.38	2.00	0.36	1.47	2						
	2	1.52	123.00	5.74	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	4.10	2						
April	1	1.03	136.00	6.35	2								4.53	2	0.5	0	0.25	0.26	0.00	0.00
	2	1.03	57.00	2.66	2								1.90	2	0.5 9	0.5	0.54 5	0.56	0.66	0.12
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2								1.03	2	0.9 6	0.5 9	0.77 5	0.98	1.95	0.35
	2	1.27	15.00	0.70	2								0.50	2	1.0 5	0.9 6	1.00 5	1.27	2.77	0.49
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2								0.43	2	1.0 2	1.0 5	1.03 5	1.65	3.22	0.57
	2	1.59	0.00	0.00	2								0.00	2	0.9 5	1.0 2	0.98 5	1.57	3.57	0.64
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2								0.00	2	0	0.9 5	0.47 5	0.66	2.66	0.47
	2	1.38	0.00	0.00	2								0.00	2	0	0	0	0.00	2.00	0.36
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	10.08	12.08	2.15	0.00	2						
	2	1.48	0.00	0.00	2		1.1	LP	LP	10.08	12.08	2.15	0.00	2						
September	1	1.31	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.44	4.27	0.76	0.00	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	1.41	5.08	0.90	0.00	2						
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	1.41	5.08	0.90	0.00	2						
	2	1.34	15.00	0.70	2	1.67	0.5 5	1.0 5	0.77 5	1.04	4.01	0.71	0.50	2						
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2	1.67	0	0.5	0.25	0.49	2.29	0.41	1.33	2						
	2	1.96	148.00	6.91	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	4.93	2						
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2		LP	LP	LP	10.23	8.64	1.54	2.57	2						
	2	1.65	87.00	4.06	2		1.1	LP	LP	10.23	8.17	1.45	2.90	2						

*Awal Tanam (September 1)*

Bulan	Periode	Padi										Palawija								
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2		LP	LP	LP	10.01	8.98	1.60	2.17	2						
	2	1.38	69.00	3.22	2		1.1	LP	LP	10.01	8.79	1.57	2.30	2						
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2	0.83	1.1	1.1	1.1	2.10	0.77	0.14	2.97	2						
	2	1.91	71.00	3.31	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	2.05	2.40	0.43	2.37	2						
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	1.59	3.21	0.57	1.47	2						
	2	1.52	123.00	5.74	2	1.67	0.5 5	1.0 5	0.77 5	1.18	0.00	0.00	4.10	2						
April	1	1.03	136.00	6.35	2	1.67	0	0.5	0.25	0.26	0.00	0.00	4.53	2						
	2	1.03	57.00	2.66	2	0.83		0	0	0.00	0.17	0.03	1.90	2						
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2								1.03	2	0.5	0	0.25	0.32	1.28	0.23
	2	1.27	15.00	0.70	2								0.50	2	0.5 9	0.5	0.54 5	0.69	2.19	0.39
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2								0.43	2	0.9 6	0.5 9	0.77 5	1.24	2.80	0.50
	2	1.59	0.00	0.00	2								0.00	2	1.0 5	0.9 6	1.00 5	1.60	3.60	0.64
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2								0.00	2	1.0 2	1.0 5	1.03 5	1.43	3.43	0.61
	2	1.38	0.00	0.00	2								0.00	2	0.9 5	1.0 2	0.98 5	1.36	3.36	0.60
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2								0.00	2	0	0.9 5	0.47 5	0.70	2.70	0.48
	2	1.48	0.00	0.00	2								0.00	2	0	0	0	0.00	2.00	0.36
September	1	1.31	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	9.96	11.96	2.13	0.00	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2		1.1	LP	LP	9.96	11.96	2.13	0.00	2						
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.47	4.30	0.77	0.00	2						
	2	1.34	15.00	0.70	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	1.44	4.41	0.79	0.50	2						
November	1	1.96	40.00	1.87	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	2.06	3.86	0.69	1.33	2						
	2	1.96	148.00	6.91	2	1.67	0.5 5	1.0 5	0.77 5	1.52	0.00	0.00	4.93	2						
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2	1.67	0	0.5	0.25	0.41	0.49	0.09	2.57	2						
	2	1.65	87.00	4.06	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	2.90	2						

*Awal Tanam (Oktober 1)*

Bulan	Periode	Padi										Palawija								
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2	1.67	0	0.5	0.25	0.34	0.98	0.17	2.17	2						
	2	1.38	69.00	3.22	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	2.30	2						
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2		LP	LP	LP	10.38	8.22	1.46	2.97	2						
	2	1.91	71.00	3.31	2		1.1	LP	LP	10.38	9.06	1.61	2.37	2						
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.67	2.45	0.44	1.47	2						
	2	1.52	123.00	5.74	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	1.63	0.00	0.00	4.10	2						
April	1	1.03	136.00	6.35	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	1.09	0.00	0.00	4.53	2						
	2	1.03	57.00	2.66	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	0.80	1.81	0.32	1.90	2						
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2	1.67	0	0.5	0.25	0.32	2.54	0.45	1.03	2						
	2	1.27	15.00	0.70	2	0.83		0	0	0.00	2.13	0.38	0.50	2						
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2								0.43	2	0.5	0	0.25	0.40	1.97	0.35
	2	1.59	0.00	0.00	2								0.00	2	0.5 9	0.5	0.54 5	0.87	2.87	0.51
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2								0.00	2	0.9 6	0.5 9	0.77 5	1.07	3.07	0.55
	2	1.38	0.00	0.00	2								0.00	2	1.0 5	0.9 6	1.00 5	1.39	3.39	0.60
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2								0.00	2	1.0 2	1.0 5	1.03 5	1.53	3.53	0.63
	2	1.48	0.00	0.00	2								0.00	2	0.9 5	1.0 2	0.98 5	1.46	3.46	0.62
September	1	1.31	0.00	0.00	2								0.00	2	0	0.9 5	0.47 5	0.62	2.62	0.47
	2	1.31	0.00	0.00	2								0.00	2	0	0	0	0.00	2.00	0.36
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	9.98	11.98	2.13	0.00	2						
	2	1.34	15.00	0.70	2		1.1	LP	LP	9.98	11.28	2.01	0.50	2						
November	1	1.96	40.00	1.87	2	0.83	1.1	1.1	1.1	2.16	3.12	0.56	1.33	2						
	2	1.96	148.00	6.91	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	2.11	0.00	0.00	4.93	2						
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	1.74	1.81	0.32	2.57	2						
	2	1.65	87.00	4.06	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	1.28	0.89	0.16	2.90	2						

*Awal Tanam (Desember 1)*

Bulan	Periode	Padi										Palawija								
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.52	1.31	0.23	2.17	2						
	2	1.38	69.00	3.22	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	1.48	1.93	0.34	2.30	2						
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2	1.67	1.0 5	1.0	1.05	2.00	1.52	0.27	2.97	2						
	2	1.91	71.00	3.31	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	1.48	1.83	0.33	2.37	2						
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2	1.67	0	0.5	0.25	0.38	2.00	0.36	1.47	2						
	2	1.52	123.00	5.74	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	4.10	2						
April	1	1.03	136.00	6.35	2		LP	LP	LP	9.78	5.44	0.97	4.53	2						
	2	1.03	57.00	2.66	2		1.1	LP	LP	9.78	9.12	1.62	1.90	2						
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.39	2.78	0.49	1.03	2						
	2	1.27	15.00	0.70	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	1.36	4.33	0.77	0.50	2						
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2	1.67	1.0 5	1.0	1.05	1.67	4.74	0.84	0.43	2						
	2	1.59	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	1.24	4.91	0.87	0.00	2						
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.35	4.02	0.71	0.00	2						
	2	1.38	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2						
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2								0.00	2	0.5	0	0.25	0.37	2.37	0.42
	2	1.48	0.00	0.00	2								0.00	2	0.5 9	0.5	0.54 5	0.81	2.81	0.50
September	1	1.31	0.00	0.00	2								0.00	2	0.9 6	0.5 9	0.77 5	1.02	3.02	0.54
	2	1.31	0.00	0.00	2								0.00	2	1.0 5	0.9 6	1.00 5	1.32	3.32	0.59
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2								0.00	2	1.0 2	1.0 5	1.03 5	1.39	3.39	0.60
	2	1.34	15.00	0.70	2								0.50	2	0.9 5	1.0 2	0.98 5	1.32	2.82	0.50
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2								1.33	2	0	0.9 5	0.47 5	0.93	1.60	0.28
	2	1.96	148.00	6.91	2								4.93	2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2		LP	LP	LP	10.19	8.60	1.53	2.57	2						
	2	1.65	87.00	4.06	2		1.1	LP	LP	10.19	8.13	1.45	2.90	2						

*Awal Tanam ( Januari 2)*

Bulan	Periode	Et0 (mm/hari)	Re 80% (mm/hari)	Re (mm/hari)	P (mm/hari)	Padi			Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)	Palawija			Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)			
						WLR (mm/hari)	Koefisien Tanaman					Re (mm/hari)	P (mm/hari)	Koefisien Tanaman						
							C1	C1	Ĉ						C1	C1	Ĉ			
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2							2.17	2	0	0	0		0.00	0.00	0.00
	2	1.38	69.00	3.22	2		LP	LP	LP	10.01	8.79	1.57	2.30	2						
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2		1.1	LP	LP	10.38	8.22	0.00	2.97	2						
	2	1.91	71.00	3.31	2	0.83	1.1	1.1	1.1	2.10	1.61	0.29	2.37	2						
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	1.63	3.25	0.58	1.47	2						
	2	1.52	123.00	5.74	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	1.59	-0.48	-0.08	4.10	2						
April	1	1.03	136.00	6.35	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	0.80	0.00	0.00	4.53	2						
	2	1.03	57.00	2.66	2	1.67	0	0.5	0.25	0.26	1.27	0.00	1.90	2						
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	1.03	2						
	2	1.27	15.00	0.70	2		LP	LP	LP	9.94	11.24	2.00	0.50	2						
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2		1.1	LP	LP	10.15	11.55	2.06	0.43	2						
	2	1.59	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.75	4.58	0.82	0.00	2						
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	1.48	5.15	0.92	0.00	2						
	2	1.38	0.00	0.00	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	1.45	5.12	0.91	0.00	2						
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	1.15	4.82	0.86	0.00	2						
	2	1.48	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.37	4.04	0.72	0.00	2						
September	1	1.31	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2								0.00	2	0.5	0	0.25	0.33	2.33	0.41
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2								0.00	2	0.5 9	0.5 5	0.54 5	0.73	2.73	0.49
	2	1.34	15.00	0.70	2								0.50	2	0.9 6	0.5 9	0.77 5	1.04	2.54	0.45
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2								1.33	2	1.0 5	0.9 6	1.00 5	1.97	2.64	0.47
	2	1.96	148.00	6.91	2								4.93	2	1.0 2	1.0 5	1.03 5	2.03	0.00	0.00
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2								2.57	2	0.9 5	1.0 2	0.98 5	1.63	1.06	0.19
	2	1.65	87.00	4.06	2								2.90	2	0	0.9 5	0.47 5	0.79	0.00	0.00

Awal Tanam (Februari 2)

Bulan	Periode	Padi										Palawija								
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2								2.17	2	0.95	1.02	0.985	1.36	1.19	0.21
	2	1.38	69.00	3.22	2								2.30	2	0	0.95	0.475	0.66	0.36	0.06
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2								2.97	2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	2	1.91	71.00	3.31	2		LP	LP	LP	10.38	9.06	1.61	2.37	2						
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2		1.1	LP	LP	10.10	10.05	1.79	1.47	2						
	2	1.52	123.00	5.74	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.67	0.00	0.00	4.10	2						
April	1	1.03	136.00	6.35	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.11	0.00	0.00	4.53	2						
	2	1.03	57.00	2.66	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.09	2.10	0.00	1.90	2						
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2	1.67	0.5	1.05	0.775	0.98	3.20	0.00	1.03	2						
	2	1.27	15.00	0.70	2	1.67	0	0.5	0.25	0.32	3.29	0.59	0.50	2						
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2	0.83		0	0	0.00	2.22	0.40	0.43	2						
	2	1.59	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	10.15	12.15	2.16	0.00	2						
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2		1.1	LP	LP	10.01	12.01	2.14	0.00	2						
	2	1.38	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.52	4.35	0.77	0.00	2						
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.59	5.26	0.94	0.00	2						
	2	1.48	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.55	5.22	0.93	0.00	2						
September	1	1.31	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.02	4.69	0.83	0.00	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.33	4.00	0.71	0.00	2						
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2						
	2	1.34	15.00	0.70	2								0.50	2	0.5	0	0.25	0.33	1.83	0.33
November	1	1.96	40.00	1.87	2								1.33	2	0.95	0.5	0.545	1.07	1.74	0.31
	2	1.96	148.00	6.91	2								4.93	2	0.96	0.59	0.775	1.52	0.00	0.00
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2								2.57	2	1.05	0.96	1.005	1.66	1.10	0.20
	2	1.65	87.00	4.06	2								2.90	2	1.02	1.05	1.035	1.71	0.81	0.14

*Awal Tanam (Maret 2)*

Bulan	Periode	Padi										Palawija								
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2								2.17	2	1.0 5	0.9 6	1.00 5	1.39	0.49	0.09
	2	1.38	69.00	3.22	2								2.30	2	1.0 2	1.0 5	1.03 5	1.43	1.26	0.22
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2								2.97	2	0.9 5	1.0 2	0.98 5	1.88	1.58	0.28
	2	1.91	71.00	3.31	2								2.37	2	0	0.9 5	0.47 5	0.90	0.00	0.00
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2								1.47	2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	2	1.52	123.00	5.74	2		LP	LP	LP	10.10	6.36	1.13	4.10	2						
April	1	1.03	136.00	6.35	2					1.1	LP	LP	9.78	5.44	0.97	4.53	2			
	2	1.03	57.00	2.66	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.14	1.31	0.23	1.90	2						
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	1.36	3.58	0.64	1.03	2						
	2	1.27	15.00	0.70	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	1.33	4.30	0.77	0.50	2						
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	1.24	4.30	0.77	0.43	2						
	2	1.59	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.40	4.07	0.72	0.00	2						
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2						
	2	1.38	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	10.01	12.01	2.14	0.00	2						
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2					1.1	LP	LP	10.08	12.08	2.15	0.00	2			
	2	1.48	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.63	4.46	0.79	0.00	2						
September	1	1.31	0.00	0.00	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	1.41	5.08	0.90	0.00	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	1.38	5.05	0.90	0.00	2						
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	1.04	4.71	0.84	0.00	2						
	2	1.34	15.00	0.70	2	1.67	0	0.5	0.25	0.33	3.30	0.59	0.50	2						
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2	0.83		0	0	0.00	0.96	0.17	1.33	2						
	2	1.96	148.00	6.91	2								4.93	2	0.5	0	0.25	0.49	1.16	0.21
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2								2.57	2	0.5 9	0.5	0.54 5	0.90	0.00	0.00
	2	1.65	87.00	4.06	2								2.90	2	0.9 6	0.5 9	0.77 5	1.28	0.72	0.13

*Awal Tanam (April 2)*

Bulan	Periode	Padi										Palawija								
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2								2.17	2	0.59	0.5	0.54	0.75	0.59	0.10
	2	1.38	69.00	3.22	2								2.30	2	0.96	0.59	0.77	1.07	0.77	0.14
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2								2.97	2	1.05	0.96	1.00	1.91	0.95	0.17
	2	1.91	71.00	3.31	2								2.37	2	1.02	1.05	1.03	1.97	1.61	0.29
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2								1.47	2	0.95	1.02	0.98	1.49	2.03	0.36
	2	1.52	123.00	5.74	2								4.10	2	0	0.95	0.47	0.72	0.00	0.00
April	1	1.03	136.00	6.35	2								4.53	2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	2	1.03	57.00	2.66	2				LP	LP	LP	9.78	9.12	1.62	1.90	2				
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2				1.1	LP	LP	9.94	10.49	1.87	1.03	2				
	2	1.27	15.00	0.70	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.39	3.52	0.63	0.50	2						
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2	1.67	1.05	1.1	1.07	1.71	4.78	0.85	0.43	2						
	2	1.59	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.67	5.34	0.95	0.00	2						
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.05	0.77	1.07	4.74	0.84	0.00	2						
	2	1.38	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.35	4.02	0.71	0.00	2						
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2						
	2	1.48	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	10.08	12.08	2.15	0.00	2						
September	1	1.31	0.00	0.00	2		1.1	LP	LP	9.96	11.96	2.13	0.00	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.44	4.27	0.76	0.00	2						
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.1	1.07	1.44	5.11	0.91	0.00	2						
	2	1.34	15.00	0.70	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.41	4.38	0.78	0.50	2						
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2	1.67	0.5	1.05	0.77	1.52	3.32	0.59	1.33	2						
	2	1.96	148.00	6.91	2	1.67	0	0.5	0.25	0.49	0.00	0.00	4.93	2						
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	2.57	2						
	2	1.65	87.00	4.06	2								2.90	2	0.5	0	0.25	0.41	0.00	0.00



*Awal Tanam ( Mei 2)*

Bulan	Periode	Padi										Palawija								
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2	0.83	0	0	0.00	0.00	0.00	2.17	2							
	2	1.38	69.00	3.22	2							2.30	2	0.5	0	0.25	0.34	0.04	0.01	
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2							2.97	2	0.5	0.5	0.54	1.04	0.07	0.01	
	2	1.91	71.00	3.31	2							2.37	2	0.9	0.5	0.77	1.48	1.11	0.20	
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2							1.47	2	1.0	0.9	1.00	1.52	2.06	0.37	
	2	1.52	123.00	5.74	2							4.10	2	1.0	1.0	1.03	1.57	0.00	0.00	
April	1	1.03	136.00	6.35	2							4.53	2	0.9	1.0	0.98	1.02	0.00	0.00	
	2	1.03	57.00	2.66	2							1.90	2	0	0.9	0.47	0.49	0.59	0.11	
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2							1.03	2	0	0	0	0.00	0.97	0.17	
	2	1.27	15.00	0.70	2		LP	LP	LP	9.94	11.24	2.00	0.50	2						
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2		1.1	LP	LP	10.15	11.55	2.06	0.43	2						
	2	1.59	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.75	4.58	0.82	0.00	2						
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2	1.67	1.0	1.1	1.07	1.48	5.15	0.92	0.00	2						
	2	1.38	0.00	0.00	2	1.67	1.0	1.0	1.05	1.45	5.12	0.91	0.00	2						
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.0	0.77	1.15	4.82	0.86	0.00	2						
	2	1.48	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.37	4.04	0.72	0.00	2						
September	1	1.31	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	9.96	11.96	2.13	0.00	2						
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2		1.1	LP	LP	9.98	11.98	2.13	0.00	2						
	2	1.34	15.00	0.70	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.47	3.60	0.64	0.50	2						
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2	1.67	1.0	1.1	1.07	2.11	3.91	0.70	1.33	2						
	2	1.96	148.00	6.91	2	1.67	1.0	1.0	1.05	2.06	0.00	0.00	4.93	2						
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2	1.67	0.5	1.0	0.77	1.28	1.36	0.24	2.57	2						
	2	1.65	87.00	4.06	2	1.67	0	0.5	0.25	0.41	0.02	0.00	2.90	2						

Awal Tanam (Juni 2)

Bulan	Periode	Padi									Palawija									
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.07	1.71	0.30	2.17	2						
	2	1.38	69.00	3.22	2	1.67	0	0.5	0.25	0.34	0.79	0.14	2.30	2						
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	2.97	2						
	2	1.91	71.00	3.31	2								2.37	2	0.5	0	0.25	0.48	0.11	0.02
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2								1.47	2	0.59	0.5	0.545	0.83	1.36	0.24
	2	1.52	123.00	5.74	2								4.10	2	0.96	0.59	0.775	1.18	0.00	0.00
April	1	1.03	136.00	6.35	2								4.53	2	1.05	0.96	1.005	1.04	0.00	0.00
	2	1.03	57.00	2.66	2								1.90	2	1.02	1.05	1.035	1.07	1.17	0.21
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2								1.03	2	0.95	1.02	0.985	1.25	2.21	0.39
	2	1.27	15.00	0.70	2								0.50	2	0	0.95	0.475	0.60	2.10	0.37
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2								0.43	2	0	0	0	0.00	1.57	0.28
	2	1.59	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	10.15	12.15	2.16	0.00	2						
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2		1.1	LP	LP	10.01	12.01	2.14	0.00	2						
	2	1.38	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.52	4.35	0.77	0.00	2						
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.59	5.26	0.94	0.00	2						
	2	1.48	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.55	5.22	0.93	0.00	2						
September	1	1.31	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.02	4.69	0.83	0.00	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.33	4.00	0.71	0.00	2						
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2						
	2	1.34	15.00	0.70	2		LP	LP	LP	9.98	11.28	2.01	0.50	2						
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2		1.1	LP	LP	10.43	10.56	1.88	1.33	2						
	2	1.96	148.00	6.91	2	0.83	1.1	1.1	1.1	2.16	0.00	0.00	4.93	2						
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.78	1.86	0.33	2.57	2						
	2	1.65	87.00	4.06	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.74	1.35	0.24	2.90	2						

*Awal Tanam (Juli 2)*

Bulan	Periode	Padi										Palawija								
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.48	2.12	0.38	2.17	2						
	2	1.38	69.00	3.22	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.45	1.90	0.34	2.30	2						
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.48	0.99	0.18	2.97	2						
	2	1.91	71.00	3.31	2	1.67	0	0.5	0.25	0.48	0.83	0.15	2.37	2						
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2	0.83		0	0	0.00	0.78	0.14	1.47	2						
	2	1.52	123.00	5.74	2								4.10	2	0.5	0	0.25	0.38	0.00	0.00
April	1	1.03	136.00	6.35	2								4.53	2	0.59	0.5	0.545	0.56	0.00	0.00
	2	1.03	57.00	2.66	2								1.90	2	0.96	0.59	0.775	0.80	0.90	0.16
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2								1.03	2	1.05	0.9	1.005	1.27	2.24	0.40
	2	1.27	15.00	0.70	2								0.50	2	1.02	1.0	1.035	1.31	2.81	0.50
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2								0.43	2	0.95	1.0	0.985	1.57	3.14	0.56
	2	1.59	0.00	0.00	2								0.00	2	0	0.95	0.475	0.76	2.76	0.49
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2								0.00	2	0	0	0	0.00	2.00	0.36
	2	1.38	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	10.01	12.01	2.14	0.00	2						
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2		1.1	LP	LP	10.08	12.08	2.15	0.00	2						
	2	1.48	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.63	4.46	0.79	0.00	2						
September	1	1.31	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.41	5.08	0.90	0.00	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.38	5.05	0.90	0.00	2						
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.04	4.71	0.84	0.00	2						
	2	1.34	15.00	0.70	2	1.67	0	0.5	0.25	0.33	3.30	0.59	0.50	2						
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2	0.83		0	0	0.00	0.96	0.17	1.33	2						
	2	1.96	148.00	6.91	2		LP	LP	LP	10.43	5.52	0.98	4.93	2						
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2		1.1	LP	LP	10.19	8.60	1.53	2.57	2						
	2	1.65	87.00	4.06	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.82	0.59	0.11	2.90	2						

Awal Tanam (Agustus 2)

Bulan	Periode	Padi										Palawija								
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2		1.1	LP	LP	10.01	8.98	1.60	2.17	2						
	2	1.38	69.00	3.22	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.52	1.13	0.20	2.30	2						
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	2.05	1.56	0.28	2.97	2						
	2	1.91	71.00	3.31	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	2.00	2.36	0.42	2.37	2						
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	1.18	2.79	0.50	1.47	2						
	2	1.52	123.00	5.74	2	1.67	0	0.5	0.25	0.38	0.00	0.00	4.10	2						
April	1	1.03	136.00	6.35	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	4.53	2						
	2	1.03	57.00	2.66	2								1.90	2	0.5	0	0.25	0.26	0.36	0.06
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2								1.03	2	0.5 9	0.5	0.54 5	0.69	1.66	0.29
	2	1.27	15.00	0.70	2								0.50	2	0.9 6	0.5 9	0.77 5	0.98	2.48	0.44
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2								0.43	2	1.0 5	0.9 6	1.00 5	1.60	3.17	0.56
	2	1.59	0.00	0.00	2								0.00	2	1.0 2	1.0 5	1.03 5	1.65	3.65	0.65
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2								0.00	2	0.9 5	1.0 2	0.98 5	1.36	3.36	0.60
	2	1.38	0.00	0.00	2								0.00	2	0	0.9 5	0.47 5	0.66	2.66	0.47
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2								0.00	2	0	0	0	0.00	2.00	0.36
	2	1.48	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	10.08	12.08	2.15	0.00	2						
September	1	1.31	0.00	0.00	2		1.1	LP	LP	9.96	11.96	2.13	0.00	2						
	2	1.31	0.00	0.00	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.44	4.27	0.76	0.00	2						
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	1.44	5.11	0.91	0.00	2						
	2	1.34	15.00	0.70	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	1.41	4.38	0.78	0.50	2						
November	1	1.96	40.00	1.87	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	1.52	3.32	0.59	1.33	2						
	2	1.96	148.00	6.91	2	1.67	0	0.5	0.25	0.49	0.00	0.00	4.93	2						
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	2.57	2						
	2	1.65	87.00	4.06	2		LP	LP	LP	10.19	8.13	1.45	2.90	2						

*Awal Tanam (September 2)*

Bulan	Periode	Padi										Palawija								
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2	0.83	0	0	0.00	0.00	0.00	2.17	2							
	2	1.38	69.00	3.22	2		LP	LP	LP	10.01	8.79	1.57	2.30	2						
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2		1.1	LP	LP	10.38	8.22	1.46	2.97	2						
	2	1.91	71.00	3.31	2	0.83	1.1	1.1	1.1	2.10	1.61	0.29	2.37	2						
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	1.63	3.25	0.58	1.47	2						
	2	1.52	123.00	5.74	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	1.59	0.00	0.00	4.10	2						
April	1	1.03	136.00	6.35	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	0.80	0.00	0.00	4.53	2						
	2	1.03	57.00	2.66	2	1.67	0	0.5	0.25	0.26	1.27	0.23	1.90	2						
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2	0.83	0	0	0.00	1.38	0.25	1.03	2							
	2	1.27	15.00	0.70	2							0.50	2	0.5	0	0.25	0.32	1.82	0.32	
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2							0.43	2	0.5 9	0.5	0.54 5	0.87	2.44	0.43	
	2	1.59	0.00	0.00	2							0.00	2	0.9 6	0.5 9	0.77 5	1.24	3.24	0.58	
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2							0.00	2	1.0 5	0.9 6	1.00 5	1.39	3.39	0.60	
	2	1.38	0.00	0.00	2							0.00	2	1.0 2	1.0 5	1.03 5	1.43	3.43	0.61	
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2							0.00	2	0.9 5	1.0 2	0.98 5	1.46	3.46	0.62	
	2	1.48	0.00	0.00	2							0.00	2	0	0.9 5	0.47 5	0.70	2.70	0.48	
Septembe r	1	1.31	0.00	0.00	2							0.00	2	0	0	0	0.00	2.00	0.36	
	2	1.31	0.00	0.00	2		LP	LP	LP	9.96	11.96	2.13	0.00	2						
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2		1.1	LP	LP	9.98	11.98	2.13	0.00	2						
	2	1.34	15.00	0.70	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.47	3.60	0.64	0.50	2						
Nopembe r	1	1.96	40.00	1.87	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	2.11	3.91	0.70	1.33	2						
	2	1.96	148.00	6.91	2	1.67	1.0 5	1.0 5	1.05	2.06	0.00	0.00	4.93	2						
Desembe r	1	1.65	77.00	3.59	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	1.28	1.36	0.24	2.57	2						
	2	1.65	87.00	4.06	2	1.67	0	0.5	0.25	0.41	0.02	0.00	2.90	2						

*Awal Tanam (Oktober 2)*

Bulan	Periode	Et0 (mm/hari)	Re 80% (mm/hari)	Re (mm/hari)	P (mm/hari)	Padi				Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)	Re (mm/hari)	Palawija			Etc (mm/hari)	NFR (mm/hari)	DR (mm/hari)	
						WLR (mm/hari)	Koefisien Tanaman							P (mm/hari)	Koefisien Tanaman					
							C1	C1	Ĉ						C1	C1				Ĉ
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.07	1.71	0.30	2.17	2						
	2	1.38	69.00	3.22	2	1.67	0	0.5	0.25	0.34	0.79	0.14	2.30	2						
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	2.97	2						
	2	1.91	71.00	3.31	2		LP	LP	LP	10.38	9.06	1.61	2.37	2						
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2		1.1	LP	LP	10.10	10.05	1.79	1.47	2						
	2	1.52	123.00	5.74	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.67	0.00	0.00	4.10	2						
April	1	1.03	136.00	6.35	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.11	0.00	0.00	4.53	2						
	2	1.03	57.00	2.66	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.09	2.10	0.37	1.90	2						
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2	1.67	0.5	1.05	0.775	0.98	3.20	0.57	1.03	2						
	2	1.27	15.00	0.70	2	1.67	0	0.5	0.25	0.32	3.29	0.59	0.50	2						
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2	0.83		0	0	0.00	2.22	0.40	0.43	2						
	2	1.59	0.00	0.00	2								0.00	2	0.5	0	0.25	0.40	2.40	0.43
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2								0.00	2	0.59	0.5	0.545	0.75	2.75	0.49
	2	1.38	0.00	0.00	2								0.00	2	0.96	0.59	0.775	1.07	3.07	0.55
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2								0.00	2	1.05	0.96	1.005	1.49	3.49	0.62
	2	1.48	0.00	0.00	2								0.00	2	1.02	1.05	1.035	1.53	3.53	0.63
September	1	1.31	0.00	0.00	2								0.00	2	0.95	1.02	0.985	1.29	3.29	0.59
	2	1.31	0.00	0.00	2								0.00	2	0	0.95	0.475	0.62	2.62	0.47
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2								0.00	2	0	0	0	0.00	2.00	0.36
	2	1.34	15.00	0.70	2		LP	LP	LP	9.98	11.28	2.01	0.50	2						
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2		1.1	LP	LP	10.43	10.56	1.88	1.33	2						
	2	1.96	148.00	6.91	2	0.83	1.1	1.1	1.1	2.16	0.00	0.00	4.93	2						
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.78	1.86	0.33	2.57	2						
	2	1.65	87.00	4.06	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.74	1.35	0.24	2.90	2						

*Awal Tanam (Nopember 2)*

Bulan	Periode	Padi										Palawija								
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.48	2.12	0.38	2.17	2						
	2	1.38	69.00	3.22	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.45	1.90	0.34	2.30	2						
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.48	0.99	0.18	2.97	2						
	2	1.91	71.00	3.31	2	1.67	0	0.5	0.25	0.48	0.83	0.15	2.37	2						
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2	0.83		0	0	0.00	0.78	0.14	1.47	2						
	2	1.52	123.00	5.74	2		LP	LP	LP	10.10	6.36	1.13	4.10	2						
April	1	1.03	136.00	6.35	2		1.1	LP	LP	9.78	5.44	0.97	4.53	2						
	2	1.03	57.00	2.66	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.14	1.31	0.23	1.90	2						
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2	1.67	1.05	1.1	1.075	1.36	3.58	0.64	1.03	2						
	2	1.27	15.00	0.70	2	1.67	1.05	1.05	1.05	1.33	4.30	0.77	0.50	2						
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2	1.67	0.5	1.05	0.775	1.24	4.30	0.77	0.43	2						
	2	1.59	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.40	4.07	0.72	0.00	2						
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2						
	2	1.38	0.00	0.00	2								0.00	2	0.5	0	0.25	0.35	2.35	0.42
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2								0.00	2	0.59	0.5	0.545	0.81	2.81	0.50
	2	1.48	0.00	0.00	2								0.00	2	0.96	0.59	0.775	1.15	3.15	0.56
September	1	1.31	0.00	0.00	2								0.00	2	1.05	0.96	1.005	1.32	3.32	0.59
	2	1.31	0.00	0.00	2								0.00	2	1.02	1.05	1.035	1.36	3.36	0.60
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2								0.00	2	0.95	1.02	0.985	1.32	3.32	0.59
	2	1.34	15.00	0.70	2								0.50	2	0	0.95	0.475	0.64	2.14	0.38
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2								1.33	2	0	0	0	0.00	0.67	0.12
	2	1.96	148.00	6.91	2		LP	LP	LP	10.43	5.52	0.98	4.93	2						
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2		1.1	LP	LP	10.19	8.60	1.53	2.57	2						
	2	1.65	87.00	4.06	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.82	0.59	0.11	2.90	2						

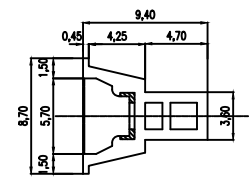
Awal Tanam (Desember 2)

Bulan	Periode	Padi										Palawija								
		Et0	Re 80%	Re	P	WLR	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR	Re	P	Koefisien Tanaman			Etc	NFR	DR
		(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)	C1	C1	Ĉ	(mm/hari)	(mm/hari)	(mm/hari)
Januari	1	1.38	65.00	3.03	2		1.1	LP	LP	10.01	8.98	1.60	2.17	2						
	2	1.38	69.00	3.22	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.52	1.13	0.20	2.30	2						
Februari	1	1.91	89.00	4.15	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	2.05	1.56	0.28	2.97	2						
	2	1.91	71.00	3.31	2	1.67	1.0 5	1.0	1.05	2.00	2.36	0.42	2.37	2						
Maret	1	1.52	44.00	2.05	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	1.18	2.79	0.50	1.47	2						
	2	1.52	123.00	5.74	2	1.67	0	0.5	0.25	0.38	0.00	0.00	4.10	2						
April	1	1.03	136.00	6.35	2	0.83		0	0	0.00	0.00	0.00	4.53	2						
	2	1.03	57.00	2.66	2		LP	LP	LP	9.78	9.12	1.62	1.90	2						
Mei	1	1.27	31.00	1.45	2		1.1	LP	LP	9.94	10.49	1.87	1.03	2						
	2	1.27	15.00	0.70	2	0.83	1.1	1.1	1.1	1.39	3.52	0.63	0.50	2						
Juni	1	1.59	13.00	0.61	2	1.67	1.0 5	1.1	1.07 5	1.71	4.78	0.85	0.43	2						
	2	1.59	0.00	0.00	2	1.67	1.0 5	1.0	1.05	1.67	5.34	0.95	0.00	2						
Juli	1	1.38	0.00	0.00	2	1.67	0.5	1.0 5	0.77 5	1.07	4.74	0.84	0.00	2						
	2	1.38	0.00	0.00	2	1.67	0	0.5	0.25	0.35	4.02	0.71	0.00	2						
Agustus	1	1.48	0.00	0.00	2	0.83		0	0	0.00	2.83	0.50	0.00	2						
	2	1.48	0.00	0.00	2								0.00	2	0.5	0	0.25	0.37	2.37	0.42
September	1	1.31	0.00	0.00	2								0.00	2	0.5 9	0.5	0.54 5	0.71	2.71	0.48
	2	1.31	0.00	0.00	2								0.00	2	0.9 6	0.5 9	0.77 5	1.02	3.02	0.54
Oktober	1	1.34	0.00	0.00	2								0.00	2	1.0 5	0.9 6	1.00 5	1.35	3.35	0.60
	2	1.34	15.00	0.70	2								0.50	2	1.0 2	1.0 5	1.03 5	1.39	2.89	0.51
Nopember	1	1.96	40.00	1.87	2								1.33	2	0.9 5	1.0 2	0.98 5	1.93	2.60	0.46
	2	1.96	148.00	6.91	2								4.93	2	0	0.9 5	0.47 5	0.93	0.00	0.00
Desember	1	1.65	77.00	3.59	2								2.57	2	0	0	0	0.00	0.00	0.00
	2	1.65	87.00	4.06	2		LP	LP	LP	10.19	8.13	1.45	2.90	2						

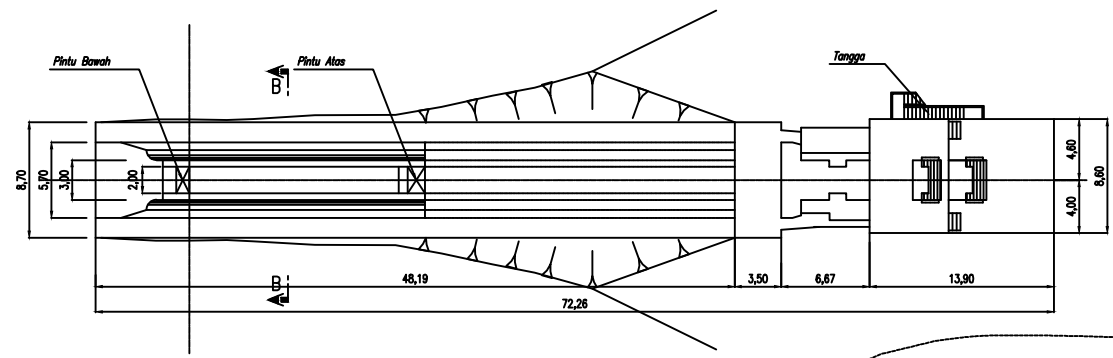


*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

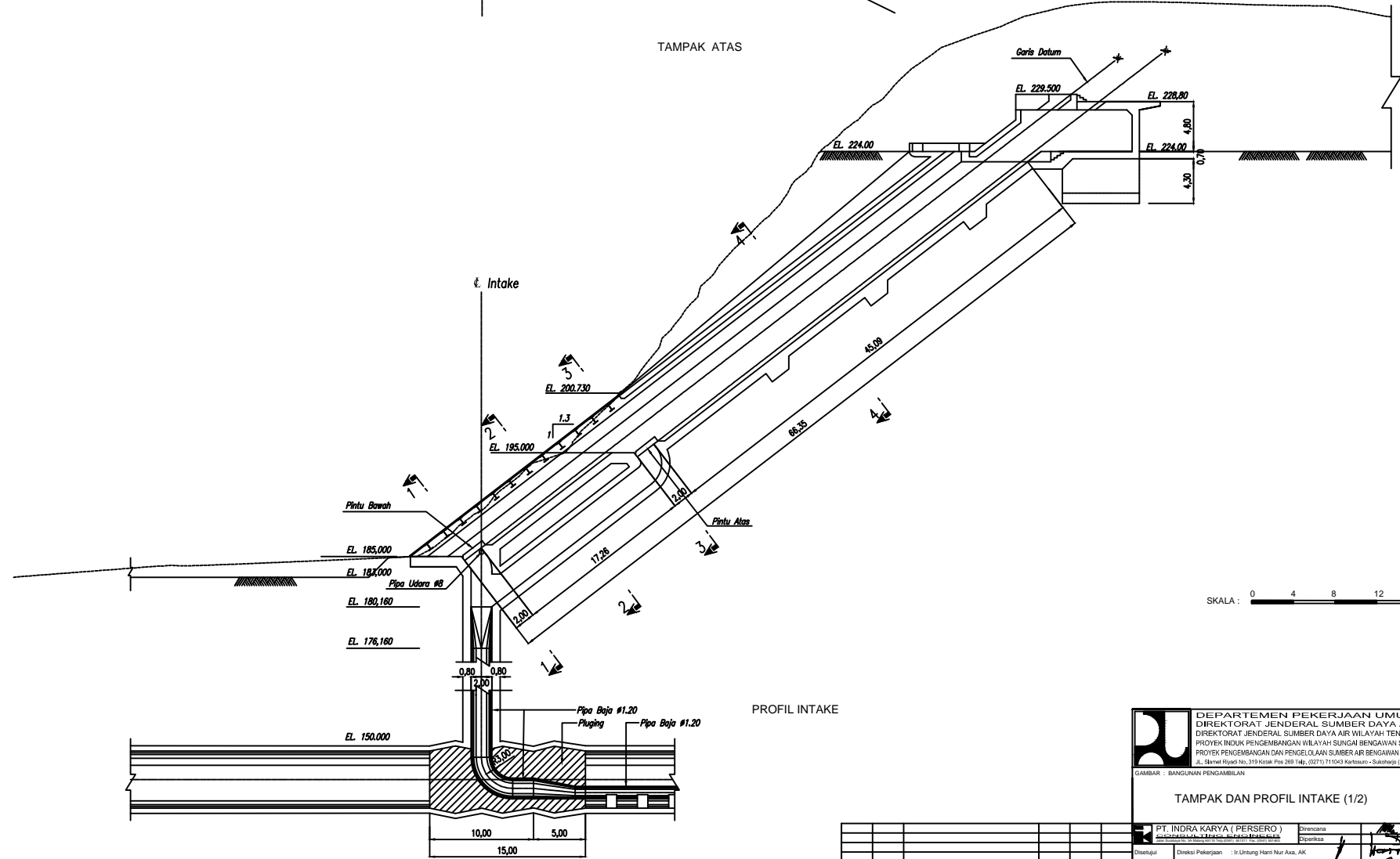
**LAMPIRAN C**  
**GAMBAR DAN HASIL PERENCANAAN PLTA**



POTONGAN B - B



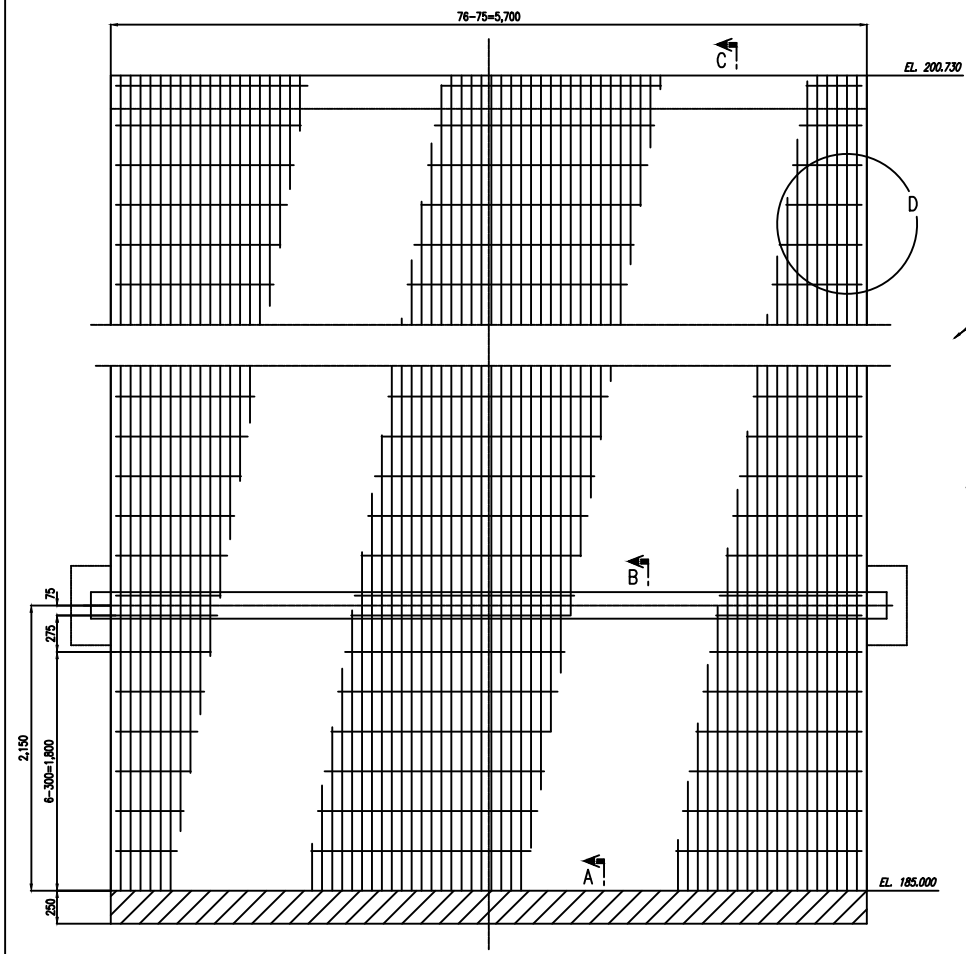
TAMPAK ATAS



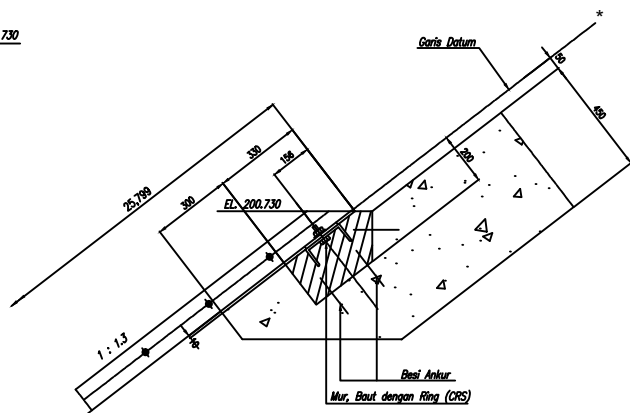
PROFIL INTAKE

SKALA : 0 4 8 12 16 20 m

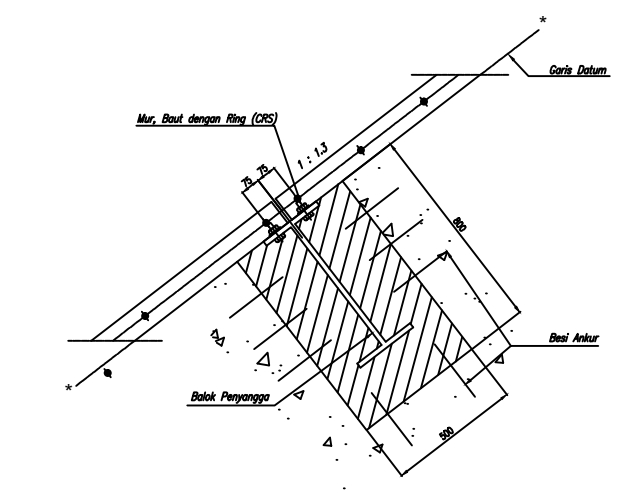
	DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR WILAYAH TENGAH PROYEK INDIK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI BENGAWAN SUDO 21, Srengayut No. 319 Krakal Plo 200 Telp. (0271)711043 Kartasura - Sukoharjo (57162)		PROPINSI JAWA TIMUR KABUPATEN PONOROGO
	GAMBAR : BANGUNAN PENGAMBILAN PENYUSUNAN DETAIL DESAIN DETAIL DESAIN BENDUNG BERUPA DETAIL DESAIN DAN SERTIFIKASI WADUK BENDU KABUPATEN PONOROGO		PEKERJAAN : NO. REGISTER : IND - 1 / 02 NO. ILMU JAL : 02 / 20 TANGGAL : NO. KONTRAK : 16 JUN 2004 KJ.08.08 - Aa.11.03 PPSABMS2004 - 05
TAMPAK DAN PROFIL INTAKE (1/2)			
PT. INDRYA KARYA (PERSERO) Dirancang Diperiksa Disetujui Diseksi Pekerjaan : Ir. Untung Hari Nur Axa, AK Mengetahui Pembagor PPSABMS : Sudarsono, ATP, CES		No. Revisi Tanggal REVISI Oleh Direnc. Disetujui	



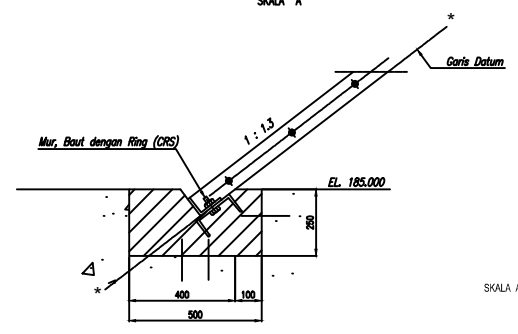
TAMPAK DEPAN  
SKALA A



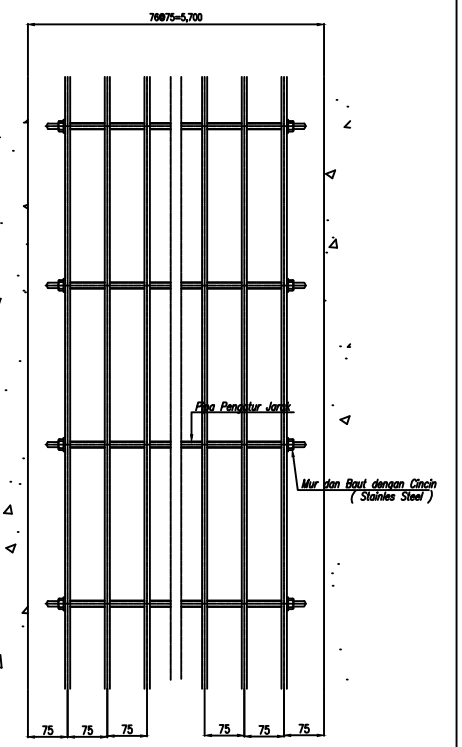
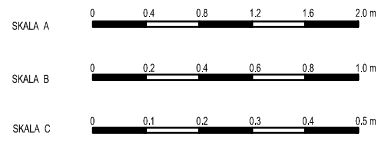
POTONGAN C  
SKALA B



POTONGAN B  
SKALA B



POTONGAN A  
SKALA B



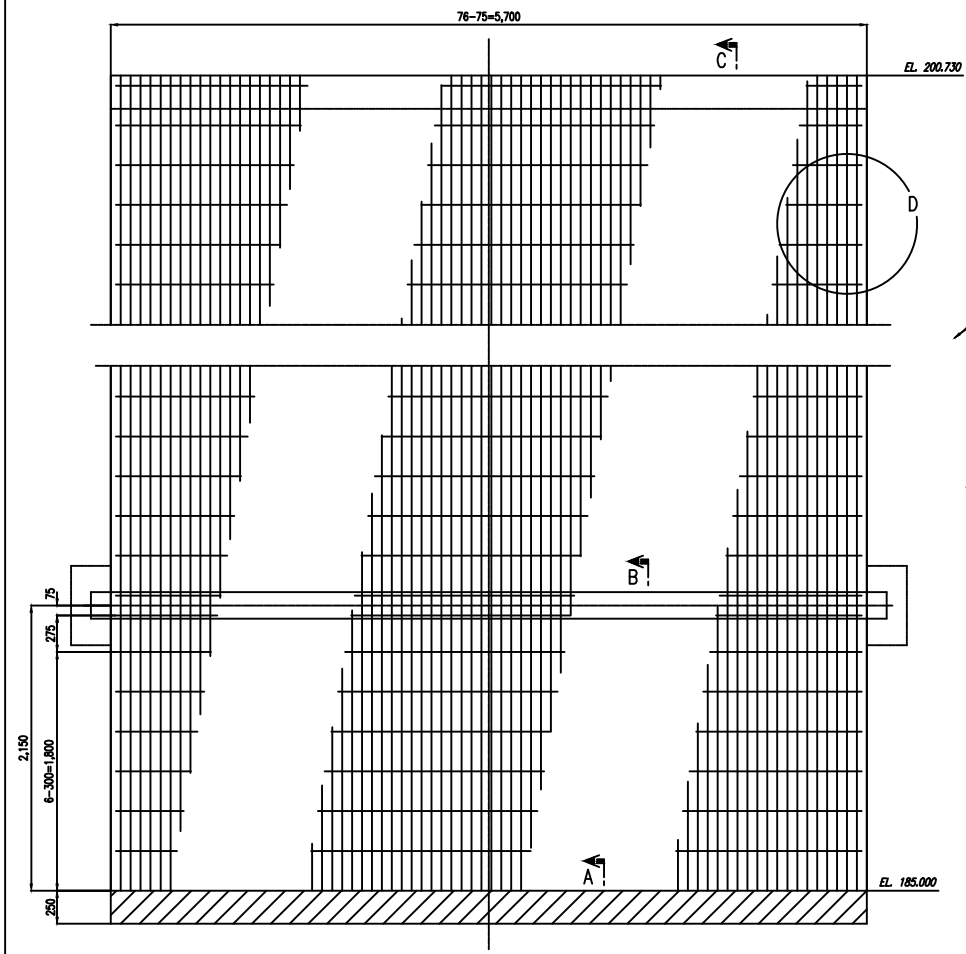
DETAIL D  
SKALA C

No. Revisi		Tanggal	REVISI	Oleh	Direnc.	Disetujui	PT. INDRA KARYA (PERSERO) Direksikan Disetujui Mengetahui		Direncana Diperiksa 16 JUNI 2024	NO. KONTRAK NO. REGISTER NO. LBR/ JAL. RND- 3 / 03 03 / 06	PROPINSI JAWA TIMUR KABUPATEN PONOROGO PEKERJAAN: PENYUSUNAN DETAIL DESAIN DETAIL DESAIN BENDUNG BERUPA DETAIL DESAIN DAN SERTIFIKASI WADUK BENDU KABUPATEN PONOROGO KJ.08.08 - A4.11.03 PPS/ABS2004 - 05
------------	--	---------	--------	------	---------	-----------	--------------------------------------------------------------------	--	----------------------------------------	------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

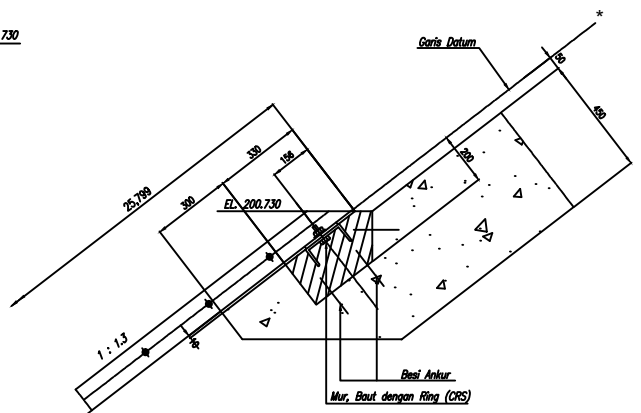
DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM  
 DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR  
 DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR WILAYAH TENGAH  
 PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI BENGAWAN SOLO  
 PROYEK PENGEMBANGAN DAN PENGELOLAAN SUMBER AIR BENGAWAN SOLO  
 Jl. Satrio Riyadi No. 319 Krak. Pos 289 746, (0271) 711043 Kartasura - Sukoharjo (57162)

BANGUNAN PENGAMBILAN  
 SARINGAN SAMPAH

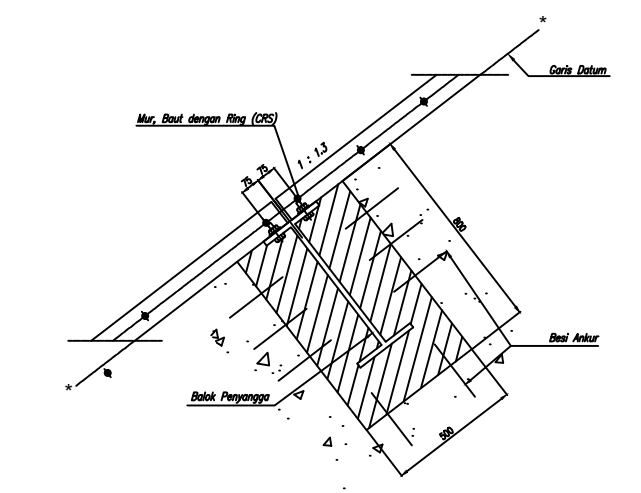
GAMBAR : HIDROMEKANIKAL



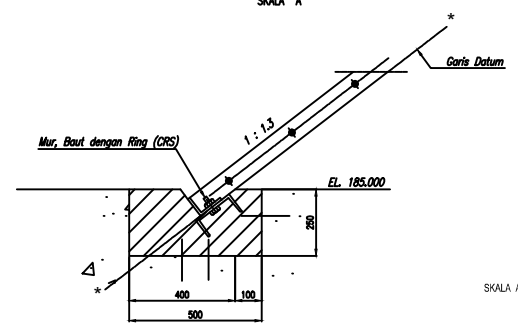
TAMPAK DEPAN  
SKALA A



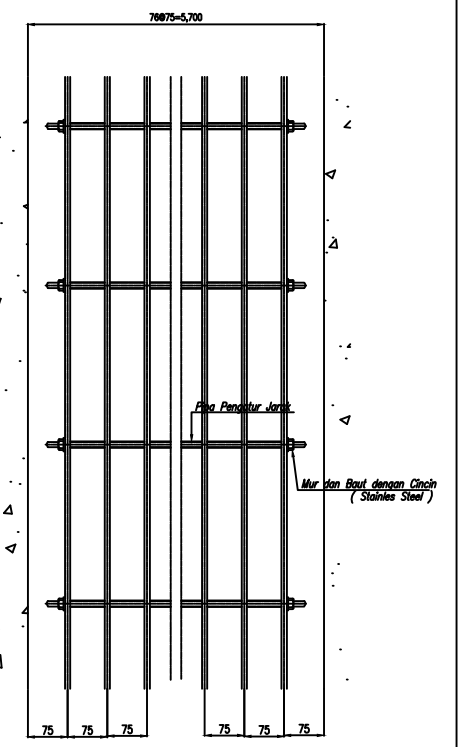
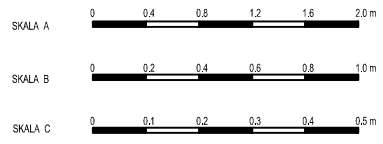
POTONGAN C  
SKALA B



POTONGAN B  
SKALA B



POTONGAN A  
SKALA B



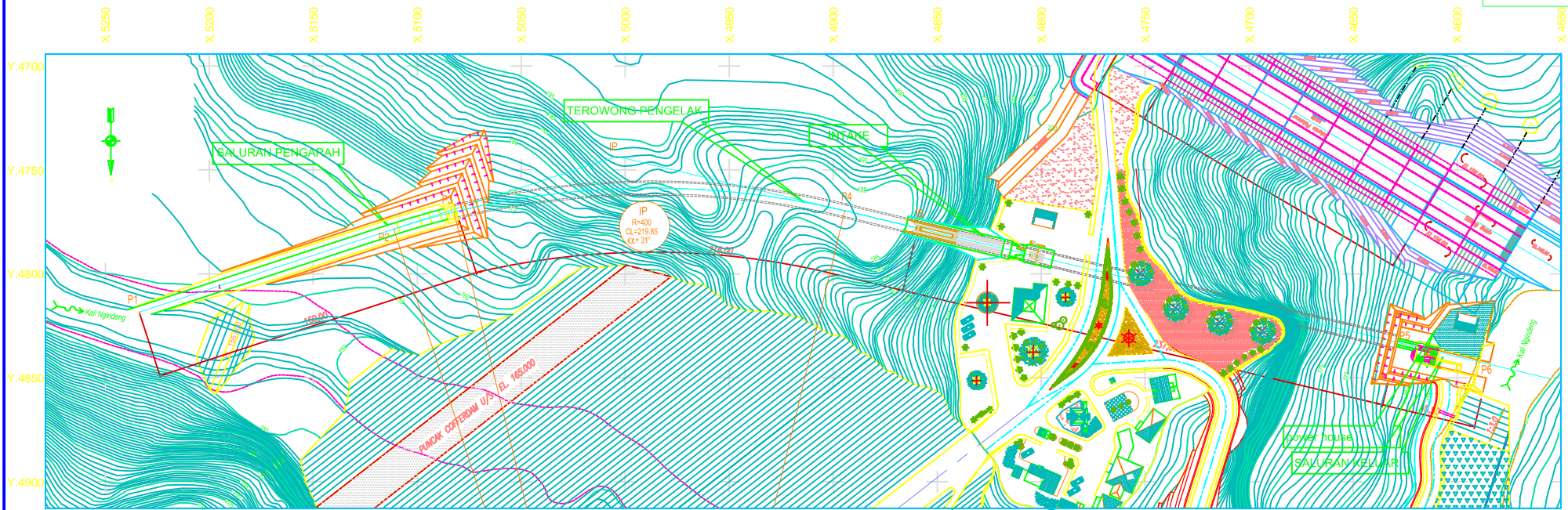
DETAIL D  
SKALA C

No. Revisi		Tanggal	REVISI	Oleh	Direnc.	Disetujui	PT. INDRA KARYA (PERSERO) Direncana Diperiksa Disetujui Diraksi Pekerjaan : Ir. Untung Hari Nur Axa, AK Mengetahui Pembagor PPSABS : Sudarsono, ATP., CES		KES.08.08.04.11.03 PPSABS2004-05
------------	--	---------	--------	------	---------	-----------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	-------------------------------------

	DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR WILAYAH TENGAH PROYEK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI BENGAWAN SOLO PROYEK PENGEMBANGAN DAN PENGELOLAAN SUMBER AIR BENGAWAN SOLO Jl. Satrio Raya No. 319 Ksatri Pos 288 746, (0271) 711043 Kartasura - Sukoharjo (57162)		PROPINSI JAWA TIMUR KABUPATEN PONOROGO
	BANGUNAN PENGAMBILAN SARINGAN SAMPAH		PEKERJAAN: PENYUSUNAN DETAIL DESAIN DETAIL DESAIN BENDUNG BERUPA DETAIL DESAIN DAN SERTIFIKASI WADUK BENDU KABUPATEN PONOROGO
GAMBAR : HIDROMEKANIKAL	NO. REGISTER NO. LBR. JAL.	RND - 3 - 03 03 / 06	TANGGAL NO. KONTRAK 16 JUNI 2004 KES.08.08.04.11.03 PPSABS2004-05

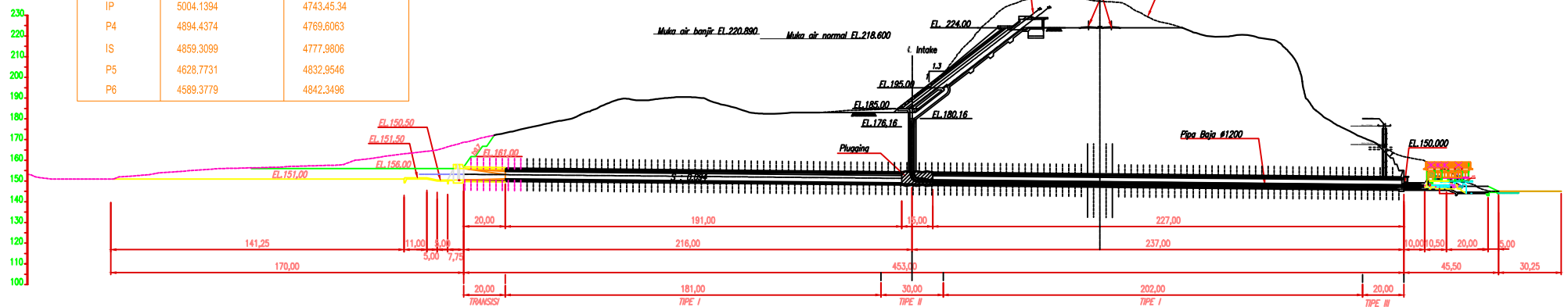
*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*





TITIK	KOORDINAT	
	X	Y
P1	5233.7508	4818.4215
P2	5111.3470	4778.4567
P3	5082.3315	4770.1803
IP	5004.1394	4743.4534
P4	4894.4374	4769.6063
IS	4859.3099	4777.9806
P5	4828.7731	4832.9546
P6	4589.3779	4842.3496

DENAH



POTONGAN MEMANJANG

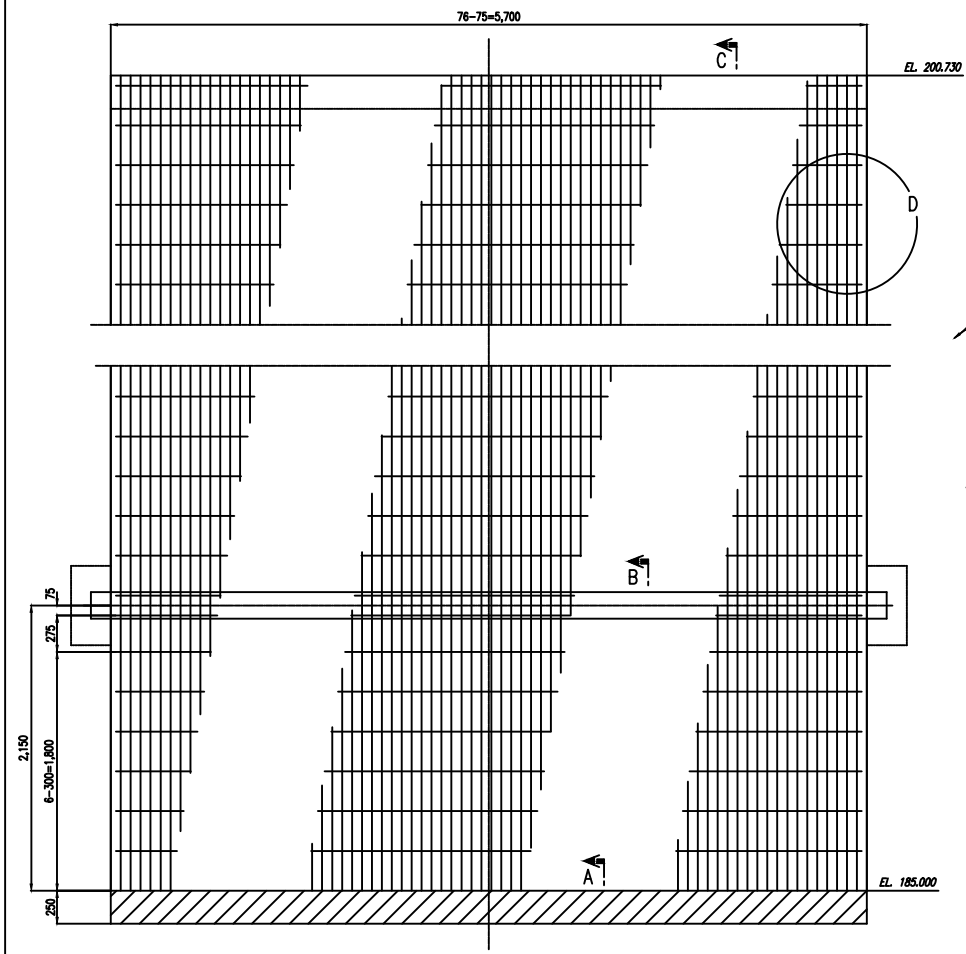


<p><b>PT. INDRYA KARYA (PERSERO)</b> Jalan Cendekia No. 1, Cendekia, Jakarta Barat</p>	Direktori	
	Direksi Pekerjaan	: Ir. Untung Hari Nur Awa, AK
Ditandai		
Mengontrol		
No. Revisi	Tanggal	REVISI
Oleh	Direnc.	Disetujui

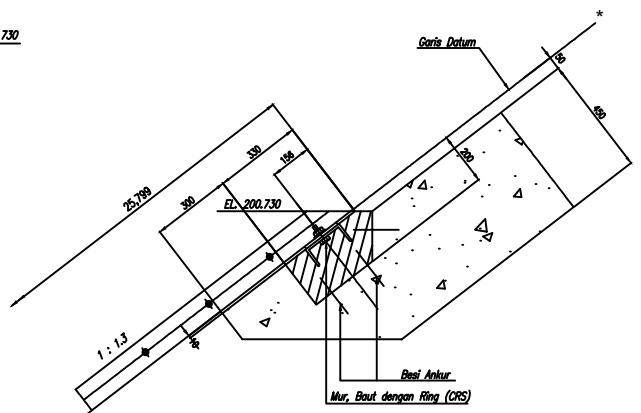
  

DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM		PROVINSI JAWA TIMUR
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR		
DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR WILAYAH TENGAH		KABUPATEN PONOROGO
PROYEK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI BANGUNAN SOLO		
PROYEK PENGEMBANGAN DAN PENGELOLAAN SUMBER AIR BANGUNAN SOLO		
Jl. Smeru Raya No. 119 Kode Pos 201746, 0271711043 Kartasura - Sukoharjo (27162)		
<p align="center"><b>DENAH DAN POTONGAN BANGUNAN OUTLET</b></p>		
GAMBAR : BANGUNAN PENGAMBILAN PENYUSUNAN DETAIL, DESAIN DETAIL, DESAIN KONSTRUKSI, DETAIL DESAIN DAN BERTERAKSI, URAIAN BENDU KABUPATEN PONOROGO		NO. REGISTER : BND-31-01 NO. ILMU JAL. : 01/20 TANGGAL : 16 JUNI 2024 NO. KONTRAK : KSPB-08-A/11.02-PPSPAS/2024-05

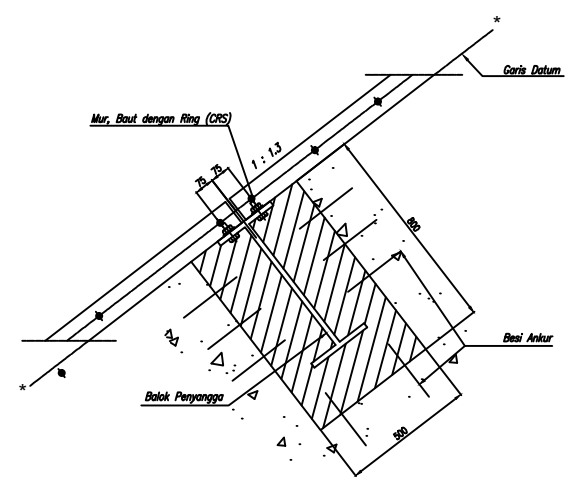




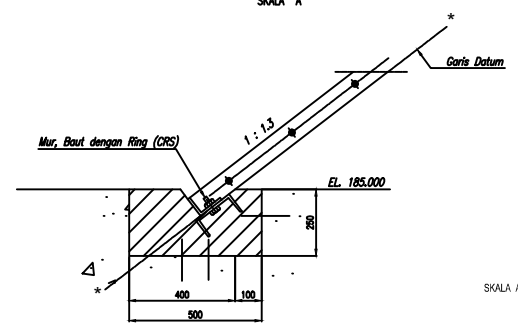
TAMPAK DEPAN  
SKALA A



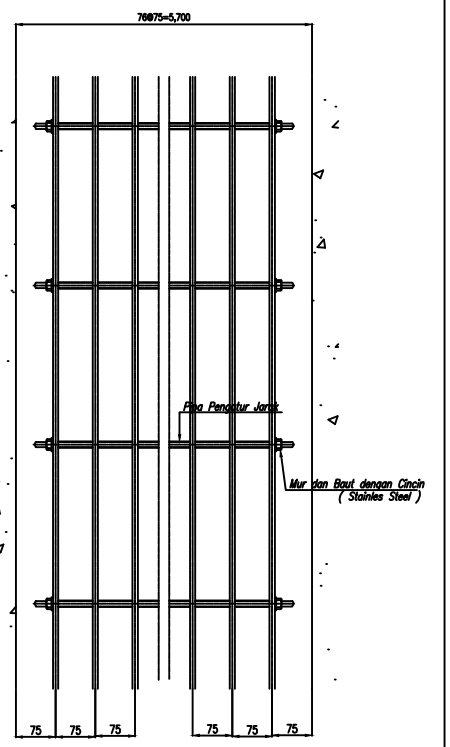
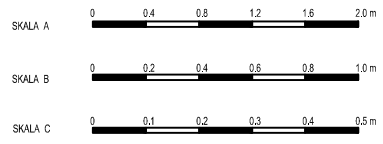
POTONGAN C  
SKALA B



POTONGAN B  
SKALA B



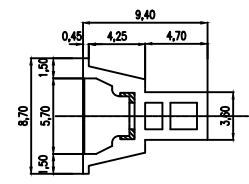
POTONGAN A  
SKALA B



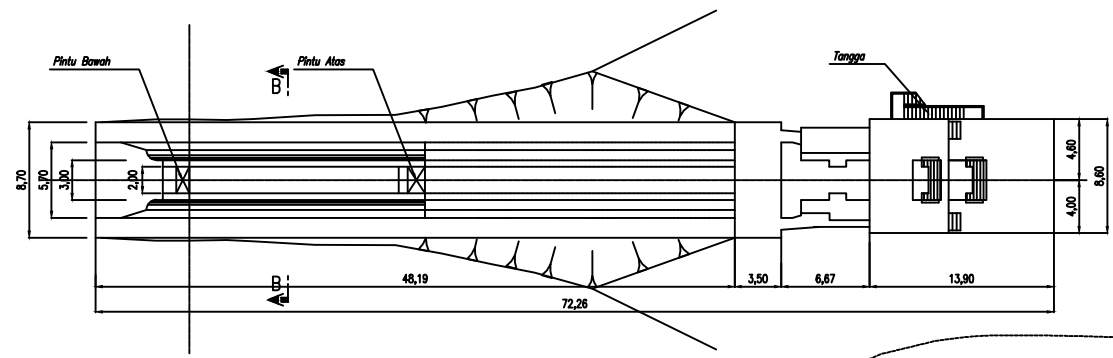
DETAIL D  
SKALA C

	DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR WILAYAH TENGAH PROYEK INDUK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI BENGAWAN SOLO PROYEK PENGEMBANGAN DAN PENGELOLAAN SUMBER AIR BENGAWAN SOLO Jl. Satrio Raya No. 319 Krak. Pos 289 746, (0271) 711043 Kartasura - Sukoharjo (57162)		PROPINSI JAWA TIMUR KABUPATEN PONOROGO
	BANGUNAN PENGAMBILAN SARINGAN SAMPAH		PEKERJAAN: PENYUSUNAN DETAIL DESAIN DETAIL DESAIN BENDUNG BERUPA DETAIL DESAIN DAN SERTIFIKASI WADUK BENDU KABUPATEN PONOROGO
NO. REGISTER NO. ILMU JAL. NO. KONTRAK	Diresnana Diperiksa Tanggal	RND - 0 / 03 03 / 08 16 JUN 2024	NO. KONTRAK 03 / 08 KJ.08.08 - A4.11.03 PPSAB2004 - 05
PT. INDRYA KARYA (PERSERO) Disetujui Disetujui Mengetahui	Dir. Inspeksi Dir. Inspeksi Dir. Inspeksi	16 JUN 2024	NO. KONTRAK 03 / 08 KJ.08.08 - A4.11.03 PPSAB2004 - 05

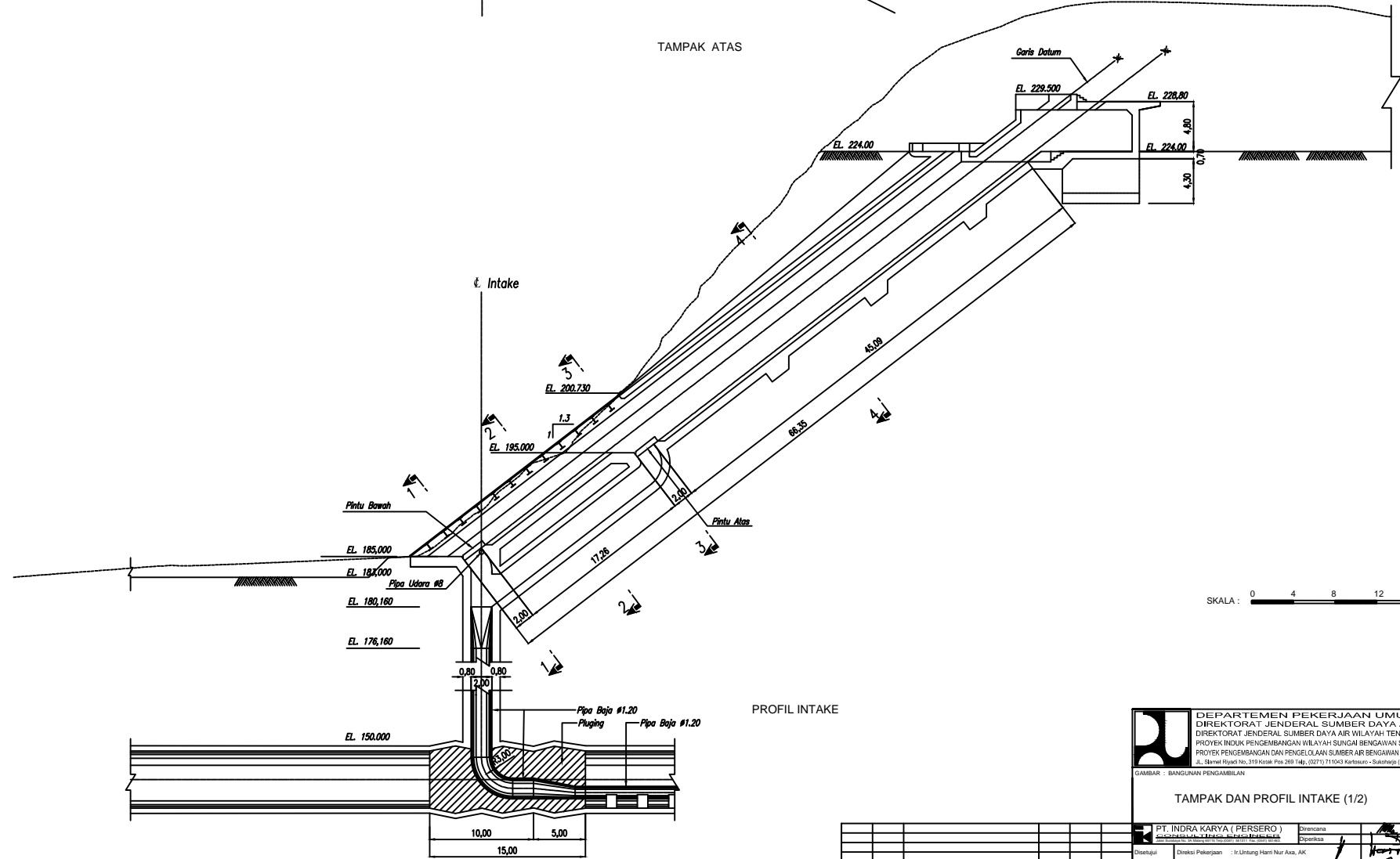
No. Revisi	Tanggal	REVISI	Oleh	Direnc.	Disetujui



POTONGAN B - B



TAMPAK ATAS



PROFIL INTAKE

SKALA : 0 4 8 12 16 20 m

	DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR DIREKTORAT JENDERAL SUMBER DAYA AIR WILAYAH TENGAH PROYEK INDIK PENGEMBANGAN WILAYAH SUNGAI BENGAWAN SUDO 21, Srengayut No. 319 Krakal Pte 209 Tlp. (0271)711043 Kartasura - Sukoharjo (57162)		PROPINSI JAWA TIMUR KABUPATEN PONOROGO
	GAMBAR : BANGUNAN PENGAMBILAN		PEKERJAAN : PENYUSUNAN DETAIL DESAIN DETAIL DESAIN BENDUNG BERUPA DETAIL DESAIN DAN SERTIFIKASI WADUK BENDU KABUPATEN PONOROGO
TAMPAK DAN PROFIL INTAKE (1/2)			NO. REGISTER : IND - 1 / 02 NO. LBR. JAL. : 02 / 20 TANGGAL : NO. KONTRAK : 16 JUN 2004 KJ.08.08 - Aa.11.03 PPSABMS2004 - 05
PT. INDRYA KARYA (PERSERO) Direktur Disetujui : Ir. Untung Hari Nur Axa, AK Mengetahui : Pimbagpro PPSABMS : Sudarsono, ATP, CES	Direncana Diperiksa 1	1	1

No. Revisi	Tanggal	REVISI	Oleh	Direnc.	Disetujui



PROGRAM SARJANA TERAPAN  
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
 FAKULTAS VOKASI  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NOTES CATATAN

SUBJECT MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
 FINAL PROJECT

JUDUL TUGAS AKHIR

OPTIMASI WADUK BENDO UNTUK  
 PENGEMBANGAN POTENSI PLTMH,  
 DUSUN BENDO, DESA NGINDENG,  
 KECAMATAN SAWOO, KABUPATEN  
 PONOROGO

NAME NAMA

Jovin Ilham Harianto  
 10111815000016

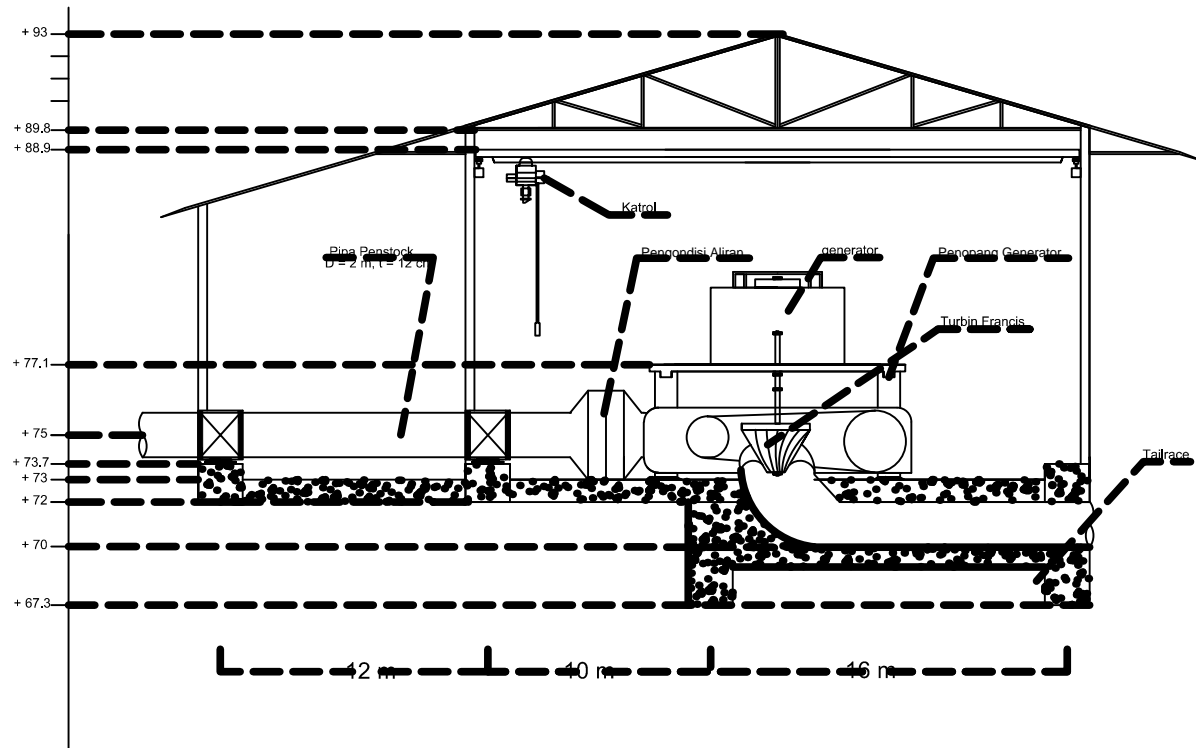
DRAWING TITLE JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A Power House

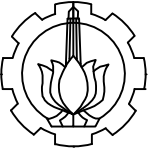
DRAWING SOURCE SUMBER GAMBAR

NOMOR GAMBAR JUMLAH GAMBAR

DRAWING NUMBER TOTAL DRAWING



POTONGAN A-A



PROGRAM SARJANA TERAPAN  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NOTES CATATAN

SUBJECT MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
FINAL PROJECT

JUDUL TUGAS AKHIR

OPTIMASI WADUK BENDO UNTUK  
PENGEMBANGAN POTENSI PLTMH,  
DUSUN BENDO, DESA NGINDENG,  
KECAMATAN SAWOO, KABUPATEN  
PONOROGO

NAME NAMA

Jovin Ilham Harianto  
10111815000016

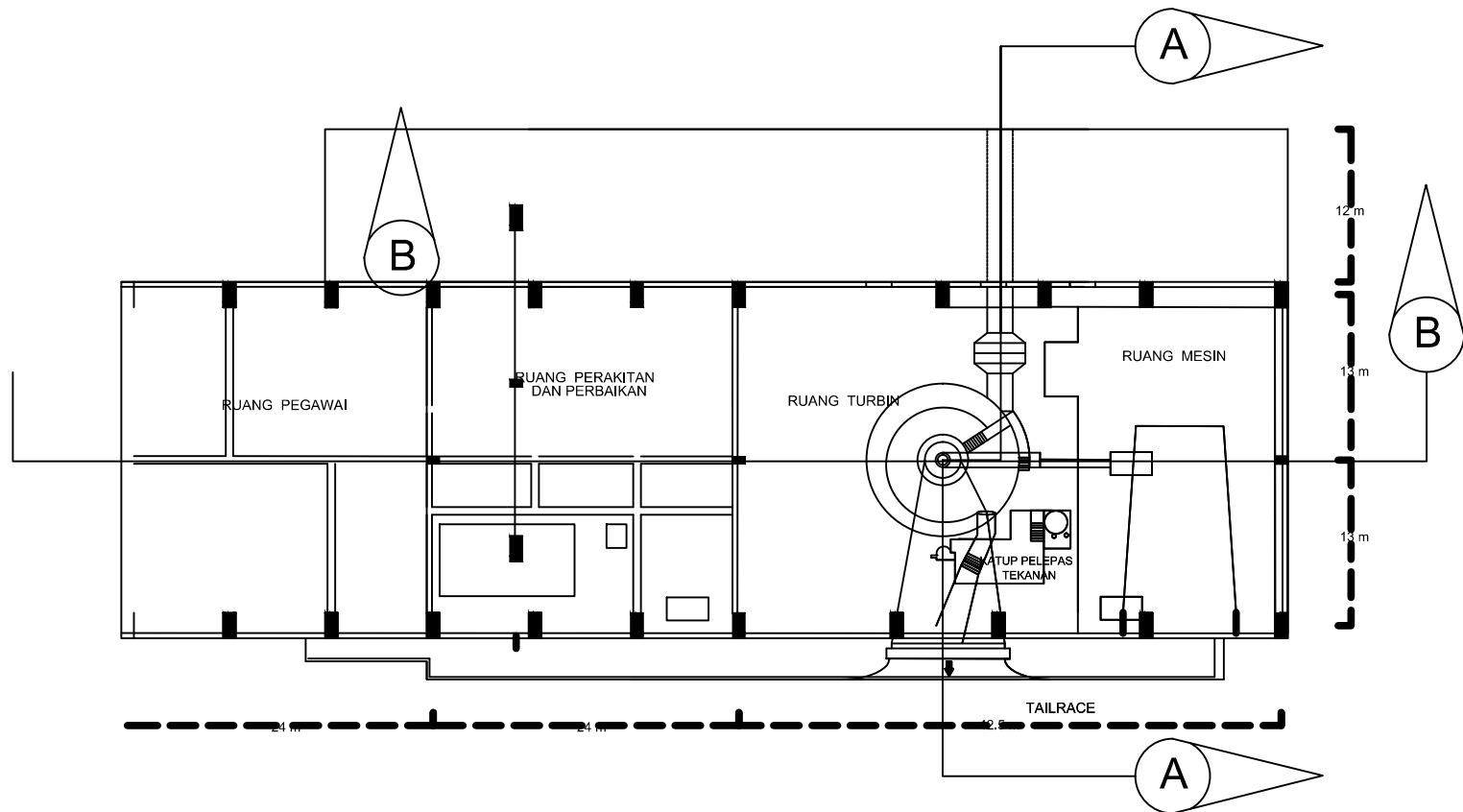
DRAWING TITLE JUDUL GAMBAR

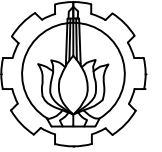
Denah Power House

DRAWING SOURCE SUMBER GAMBAR

NOMOR GAMBAR JUMLAH GAMBAR

DRAWING NUMBER TOTAL DRAWING





PROGRAM SARJANA TERAPAN  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NOTES CATATAN

SUBJECT MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
FINAL PROJECT

JUDUL TUGAS AKHIR

OPTIMASI WADUK BENDO UNTUK  
PENGEMBANGAN POTENSI PLTMH,  
DUSUN BENDO, DESA NGINDENG,  
KECAMATAN SAWOO, KABUPATEN  
PONOROGO

NAME NAMA

Jovin Ilham Harianto  
1011181500016

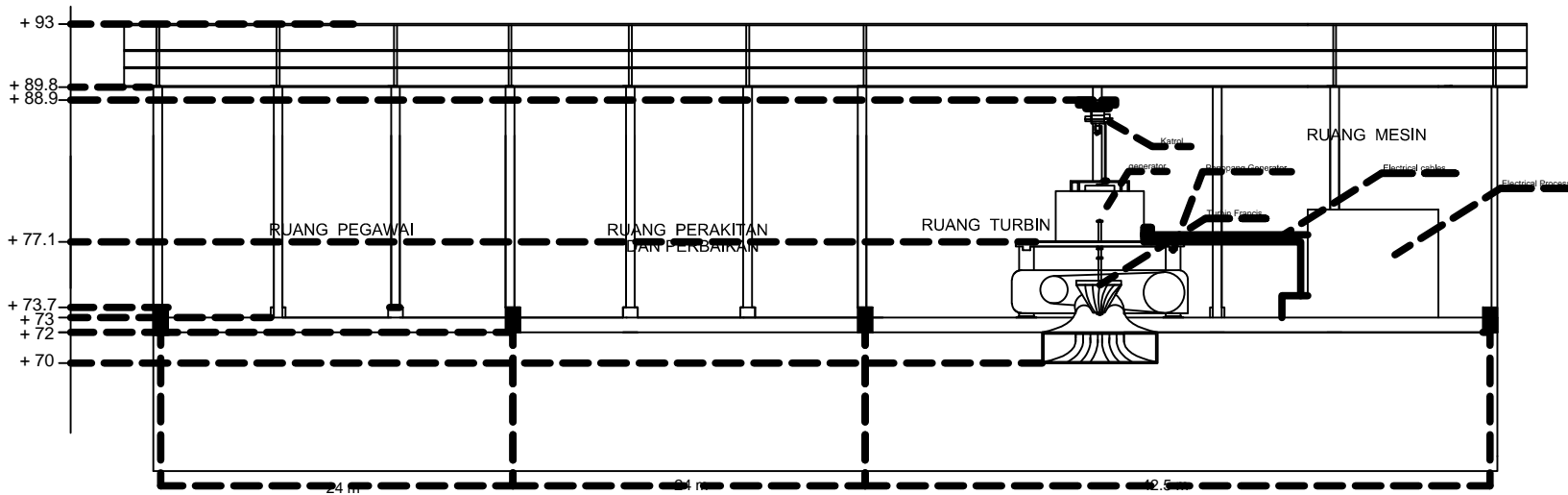
DRAWING TITLE JUDUL GAMBAR

POTONGAN B-B Power House

DRAWING SOURCE SUMBER GAMBAR

NOMOR GAMBAR JUMLAH GAMBAR

DRAWING NUMBER TOTAL DRAWING



POTONGAN B-B



PROGRAM SARJANA TERAPAN  
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NOTES CATATAN

SUBJECT MATA KULIAH

TUGAS AKHIR TERAPAN  
FINAL PROJECT

JUDUL TUGAS AKHIR

OPTIMASI WADUK BENDO UNTUK  
PENGEMBANGAN POTENSI PLTMH,  
DUSUN BENDO, DESA NGINDENG,  
KECAMATAN SAWOO, KABUPATEN  
PONOROGO

NAME NAMA

Jovin Ilham Harianto  
10111815000016

DRAWING TITLE JUDUL GAMBAR

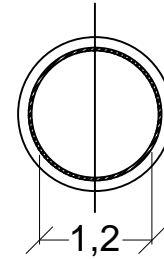
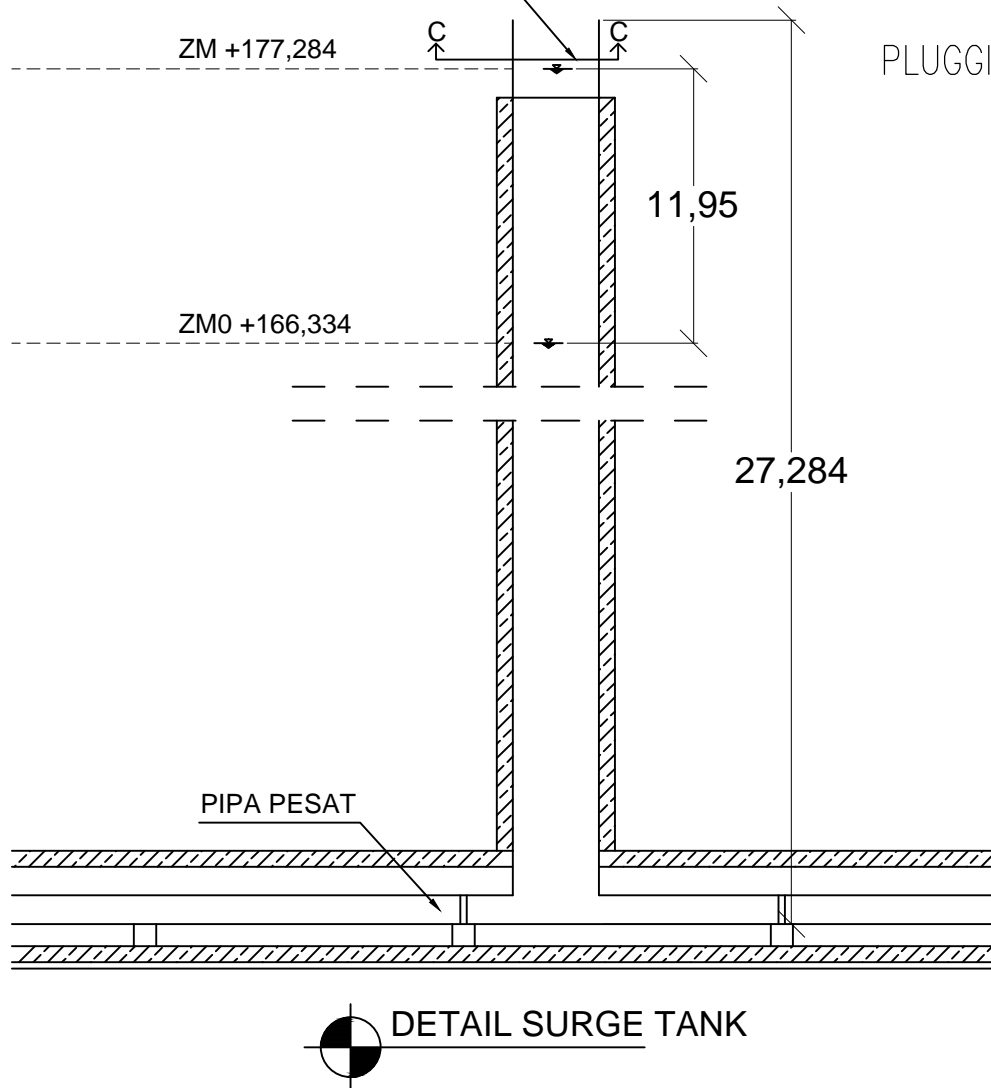
DETAIL SURGE TANK & PENSTOCK

DRAWING SOURCE SUMBER GAMBAR

NOMOR GAMBAR JUMLAH GAMBAR

DRAWING NUMBER TOTAL DRAWING

SURGE TANK



PIPA BAJA



DETAIL PENSTOCK